

EVANGELINA DE PAIVA MIER

**Aplicação das ferramentas da qualidade em laboratório de ensaios de
segurança elétrica em equipamentos eletrodomésticos**

São Paulo
2014

EVANGELINA DE PAIVA MIER

**Aplicação das ferramentas da qualidade em laboratório de ensaios de
segurança elétrica em equipamentos eletrodomésticos**

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

Orientador:
Prof. Dr. Adherbal Caminada Netto

São Paulo
2014

MBAEQ
M 585a

DEDALUS - Acervo - EPMN



31600022748

Catalogação na publicação

3547546

Mier, Evangelina de Paiva

Aplicação das ferramentas da qualidade em laboratório de ensaios de segurança elétrica em equipamentos eletrodomésticos / E.P. Mier - São Paulo, 2014.

67 p.

Monografia (MBA em Gestão e Engenharia da Qualidade) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1. Administração da qualidade 2. Qualidade do processo 3. Equipamentos domésticos 4. Ensaios elétricos I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II. t.

*Dedico este trabalho a Deus e à minha
família.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família e amigos pelo apoio e incentivo e aos professores do PECE pelos incentivos e conhecimentos transmitidos.

A qualidade total e excelência são princípios que promovem a criação de valor e o encantamento dos clientes.

Paulo Dubiel

RESUMO

O objetivo deste trabalho é aplicar as ferramentas da qualidade em um laboratório de ensaios de segurança elétrica para atingir a excelência dos trabalhos, implantar e manter a qualidade e assim diminuir retrabalhos e atrasos na entrega de relatórios e orçamentos. Espera-se, evitar possíveis reclamações de clientes ao realizar a correção e prevenção dos problemas em sua causa raiz e a melhoria contínua do processo. Esta metodologia foi desenvolvida para a aplicação das ferramentas pela gerência do laboratório ou área de qualidade como responsável principal, mas sempre que houver necessidade esta metodologia pode ser aplicada por qualquer funcionário. O modelo proposto foi baseado nas sete ferramentas da qualidade, e com estas ferramentas é possível suprir grande parte dos problemas. Foram analisadas as causas raiz dos problemas verificados nos indicadores de processo e a partir daí foram aplicadas as ferramentas da qualidade e tratados os problemas evidenciados. Este estudo visa a aplicação das ferramentas da qualidade, para que ocorra uma redução seguida de eliminação das falhas encontradas.

Palavras-Chave: Ferramentas da qualidade. Diagrama de Pareto. Diagrama de Ishikawa. Histograma. Gráficos. Carta de controle. Folhas de verificação. Diagrama de dispersão.

ABSTRACT

The goal of this work is to apply the quality tools in a testing laboratory of electrical safety to achieve the excellence of work, deploy and maintain quality and thereby reduce reworks and delays in delivery of reports and budgets. It is hoped, to avoid possible customer complaints by performing the correction and prevention of problems at their root cause and the continuous improvement process. This methodology was developed for the application of tools by the management or quality area of the laboratory as principal responsible, but whenever the need arises, this methodology can be applied by any employee. The proposed model was based on seven quality tools and these tools we can supply large parts of the problems. The root causes of the issues, showed by the process indicators, were analyzed, from there the quality tools were applied and the problems highlighted treated. This study involves the application of quality tools, so that a reduction followed by elimination of faults found to occur.

Keywords: Quality tools. Pareto diagram. Ishikawa diagram. Histogram. Graphs. Control chart. Check sheets. Scatter charts.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Gráfico de segmento	14
Figura 2 - Gráfico de colunas.....	14
Figura 3 - Gráfico de setores	14
Figura 4 - Histograma	16
Figura 5 - Diagrama de Pareto.....	18
Figura 6 - Diagrama de Ishikawa	19
Figura 7 - Correlação positiva.....	23
Figura 8 - Correlação leve positiva.....	23
Figura 9 - Sem correlação.....	23
Figura 10 - Correlação leve negativa.....	23
Figura 11 - Correlação negativa.....	23
Figura 12 - Linhas correspondentes ao desvio, sigma.....	26
Figura 13 - Estratégia para aplicação ¹	34
Figura 14 - Fluxograma ilustrativo do processo	40
Figura 15 - Gráfico de colunas 1	44
Figura 16 - Gráfico de colunas 2	44
Figura 17 - Gráfico de colunas 3	44
Figura 18 - Gráfico de colunas 4	44
Figura 19 - Gráfico de colunas 5	45
Figura 20 - Histograma	46
Figura 21 - Causas de atrasos	49
Figura 22 - Alto tempo de atendimento	53
Figura 23 - Duração de atendimento de julho	57
Figura 24 - Duração de atendimento de novembro.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coleta de dados.....	42
Tabela 2 - Tabela do histograma	46
Tabela 3 - Compilação da coleta de dados.....	48
Tabela 4 - Base para o diagrama de Pareto	49
Tabela 5 - Base para a carta de controle de julho	56
Tabela 6 - Base para a carta de controle de novembro	58
Tabela 7 - Plano de ação 1	61
Tabela 8 - Plano de ação 2	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
Cgcre-INMETRO	Coordenação geral de acreditação do INMETRO
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> - Comissão Internacional Eletrotécnica
6Ms	materiais, máquinas, medidas, materiais, mão de obra, método e meio ambiente
4Ms	mão de obra, materiais, máquinas e meio ambiente
CEP	controle estatístico de processo
LSC	limite superior de controle
LIC	limite inferior de controle
LC	linha central
Carta x barra	carta dos valores das médias
Carta R	carta dos valores das amplitudes
Carta s	carta dos valores dos desvios padrão
Carta I	carta dos valores individuais
Carta MR	carta dos valores das amplitudes móvel
IPEM	Instituto Estadual de Pesos e Medidas
PDCA	planejar, executar, verificar e agir
ABNT NBR	Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma Brasileira
5W 2H 1S	5 Por quês, 2 Como, 1 Indicador
CE	<i>European Commission</i> - Comissão Européia
UL	<i>Underwriters Laboratories</i> - organização norte americana que realiza certificação de segurança em produtos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
1.1 OBJETIVO.....	9
1.2 ESCOPO DO TRABALHO	10
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	11
2.1 PORTARIA 371	11
2.2 AS FERRAMENTAS DA QUALIDADE	13
2.2.2 Gráficos.....	13
2.2.2 Folha de verificação.....	14
2.2.3 Histograma.....	15
2.2.4 Diagrama de Pareto.....	17
2.2.5 Diagrama de Ishikawa	18
2.2.6 Diagrama de dispersão.....	21
2.2.7 Carta de controle	24
3 CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO.....	29
4 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS.....	33
4.1 PREPARAÇÃO.....	33
4.1.1 Avaliação prévia.....	33
4.1.2 Fluxograma da aplicação das ferramentas	33
4.1.3 Conscientização e treinamento.....	35
4.2 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DA APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS	35
4.3 APLICAÇÃO	37
4.3.1 Gráficos - Fluxograma	37
4.3.2 Folhas de verificação	41
4.3.3 Gráfico de colunas e histograma	43
4.3.4 Diagrama de Pareto.....	47
4.3.5 Diagrama de Ishikawa	51
4.3.6 Diagrama de dispersão.....	54
4.3.7 Carta de controle e plano de ação	54
5 CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho é demonstrado como podem ser aplicadas as ferramentas da qualidade para identificação de problemas, realização de estudo e solução da causa raiz dos problemas encontrados. Dentre os problemas citados estão: relatórios com erros de formatação e alto tempo de atendimento ao cliente causando atraso na entrega dos mesmos. A correção destes tipos de erros pode ser realizada pontualmente por treinamento dos envolvidos e melhoria do processo.

Em alguns laboratórios este tipo de controle de qualidade não está bem desenvolvido e em alguns casos é possível observar apenas indicadores de processo e de retrabalhos, mas nenhum estudo realizado para verificar as possíveis razões dos retrabalhos, atrasos nos prazos e outras não conformidades.

Através da aplicação das ferramentas da qualidade é possível diminuir o desperdício em retrabalhos, utilizando este tempo, por exemplo, com reciclagens de funcionários antigos, novos treinamentos e desenvolvimento de ensaios.

No início do trabalho é descrita de forma sucinta a revisão da literatura utilizada ao longo do trabalho.

Em seguida são definidas as sete ferramentas da qualidade que foram aplicadas e definidas quais as não conformidades mais graves ocorridas.

Após aplicação das ferramentas e realizadas as devidas correções e melhorias o ciclo pode ser repetido para manter a melhoria contínua do processo.

As definições das não conformidades, os métodos utilizados para a correção das não conformidades imediatas, a análise da causa raiz e definição dos métodos utilizados para a prevenção da reincidência das não conformidades evidenciadas estão descritas no item 4 "Aplicação das ferramentas".

Após a aplicação das ferramentas da qualidade pode ser observado que o "tempo de atendimento ao cliente" possui uma grande representação, e portanto, pode ter queda significativa.

Com relação a obrigatoriedade de serem realizados ensaios de segurança elétrica em laboratórios acreditados, é notado que, antes de 2009, muitos fabricantes de eletrodomésticos aplicavam a série IEC 60335 como diferencial, na concorrência com outros fabricantes, ou quando fossem importar, na necessidade de marcação CE (comissão européia), UL (organização norte americana), etc... Os ensaios de segurança não eram compulsórios.

Devido ao aumento expressivo de demanda em ensaios de segurança em equipamentos eletrodomésticos, após a Portaria 371 entrar em vigor, o número de Laboratórios acreditados pela Cgcre-INMETRO (coordenação geral de acreditação do INMETRO), que realizam estes tipos de ensaios, aumentou expressivamente. Com este aumento é importante que cada laboratório realize o controle, medição e melhoria de seu processo, mantendo a qualidade na entrega dos serviços e sempre atendendo ou até superando às expectativas de seus clientes.

Após a Portaria 371 entrar em vigor, gradualmente, conforme as datas estabelecidas pela portaria citada, os fabricantes foram obrigados a certificar seus produtos, já que o escopo da Portaria 371 abrange a maior parte dos aparelhos eletrodomésticos. Isto foi uma melhoria importante em nosso país, pois obrigatoriamente os equipamentos eletrodomésticos ensaiados de acordo com normas possuem um mínimo grau de segurança tanto ao usuário quanto a outras pessoas que possam operar os equipamentos.

1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é a aplicação das ferramentas da qualidade em um laboratório de ensaios de segurança elétrica para diminuição e prevenção de não conformidades. Todas as empresas, incluindo laboratórios, devem se preocupar com a melhoria contínua para se tornarem mais competitivos no mercado. Realizar os

processos de serviço com controle e análises através das ferramentas da qualidade se torna uma ferramenta muito importante para atender às expectativas dos cliente e na própria competição com os concorrentes.

1.2 ESCOPO DO TRABALHO

Este trabalho foi direcionado a laboratórios de ensaios de segurança em equipamentos eletrodomésticos, mas pode ser aplicado a qualquer tipo de laboratório no qual não tenha sido aplicado um sistema de medição, avaliação e monitoramento constante de não conformidades e possíveis não conformidades ou laboratórios que já tenham um sistema implantado, mas queira realizar uma melhoria contínua do sistema.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 PORTARIA 371

O objetivo da Portaria 371 é:

"Estabelecer os critérios para o Programa de Avaliação da Conformidade de Aparelhos Eletrodomésticos e Similares, com foco nos requisitos de segurança, através do mecanismo de Certificação, atendendo aos requisitos da norma ABNT NBR NM 60335-1 ou IEC 60335-1 – Requisitos Gerais, e das normas de requisitos particulares da série ABNT NBR NM 60335-2-X ou IEC 60335-2-X aplicáveis ao produto, visando prevenir acidentes de consumo e proteger os consumidores em relação aos riscos elétricos, mecânicos, térmicos, fogo e radiação dos aparelhos, quando em utilização normal ... segurança de aparelhos eletrodomésticos e similares, cuja tensão nominal não seja superior a 250 V, para aparelhos monofásicos, e 480 V para outros aparelhos. ... é aplicável a todos aqueles que estão incluídos no escopo das normas ABNT NBR NM, NM ou IEC da série 60335-2-X listadas no item 2.1¹ ..." (INMETRO, 2009 a)

Antes de 2009 não havia um regulamento que abrangesse grande parte dos equipamentos eletrodomésticos, apenas regulamentos específicos para determinados equipamentos, como no caso da Portaria 113 de 2008 que determina como deve ser realizada a avaliação de segurança de conformidade em ventiladores de teto. A Portaria 371 foi criada devido à necessidade de adequar os equipamentos eletrodomésticos às normas, tornando estes com um grau mínimo de segurança (INMETRO, 2009 b).

¹ item referente à Portaria 371

A Portaria 371 surgiu devido a resultados negativos das análises de vários aparelhos eletrodomésticos observados no Programa de Análise de Produtos conduzido pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) e acidentes de consumo ocorridos com diversos aparelhos eletrodomésticos e similares (INMETRO; 2009 a).

Com ela os ensaios se tornam compulsórios a praticamente todos os equipamentos eletrodomésticos devido ao conjunto de normas das particulares da IEC 60335-1, referente aos ensaios de segurança em equipamentos eletrodomésticos.

A norma geral IEC 60335-1 e suas normas particulares determinam ensaios, inspeções e verificações voltados à prevenção de possíveis perigos, presentes nos equipamentos eletrodomésticos, perigos oferecidos aos usuários e operadores dos equipamentos. (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, 2010 b).

Devido aos ensaios serem de caráter compulsório a grande demanda fez com que fosse aumentado o número de laboratórios no Brasil. Sendo assim, a necessidade de aplicar uma melhoria contínua e facilidade em detectar as falhas de processo se torna praticamente obrigatória.

2.2 AS FERRAMENTAS DA QUALIDADE

As sete ferramentas da qualidade, conforme OMACHONU; ROSS, 2005 são:

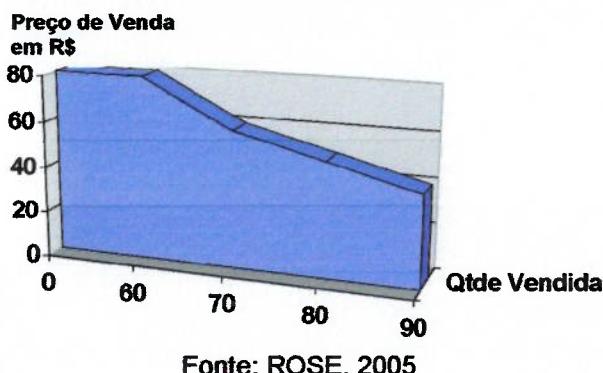
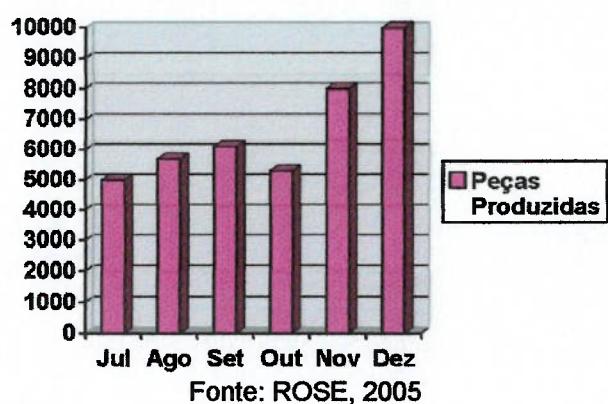
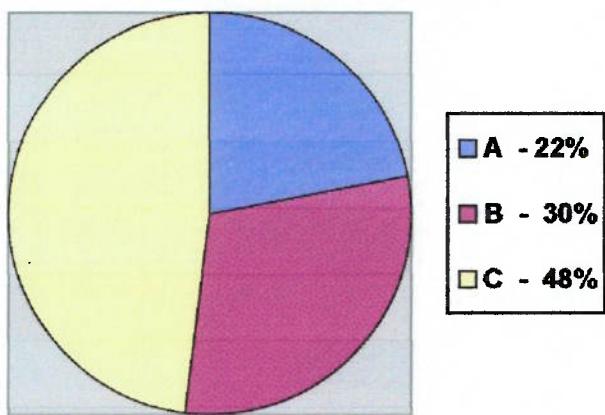
- gráficos;
- folha de verificação;
- histograma;
- diagrama de Pareto;
- diagrama de Ishikawa;
- diagrama de dispersão;
- cartas de controle.

2.2.2 Gráficos

Os gráficos são utilizados para organizar, resumir e mostrar dados. Existem vários tipos de gráficos, de simples a complexos (ROSE, 2005).

Três tipos mais conhecidos são mostrados nas figuras 1, 2 e 3:

- gráfico de segmento ou de linha - utilizado principalmente para mostrar aumento, diminuição ou estabilidade de uma variável;
- gráficos de barras ou colunas;
- gráfico de setores ou gráfico circular - indica a proporção representada por cada variável.

Figura 1 - Gráfico de segmento**Figura 2 - Gráfico de colunas****Figura 3 - Gráfico de setores**

Fonte: ROSE, 2005

2.2.2 Folha de verificação

As folhas de verificação são ferramentas que possuem uma descrição de forma clara e concisa para realizar a coleta dos dados. Os dados podem ser utilizados para análise previamente proposta, portanto deve ser realizada uma análise de como coletar de forma sucinta e objetiva, utilizando o menor tempo possível. Os formulários utilizados para coletar os dados, referente a um processo, são necessários para a realização das próximas ferramentas descritas (SEBRAE, 2005).

2.2.3 Histograma

Histograma é um gráfico de colunas que ilustra de maneira clara o item ou classe de maior frequência, isto é, com maior número de eventos. Também é conhecido como diagrama das frequências ou distribuição de frequências, devido aos dados poderem ser apresentados em forma de classes no eixo x, que seria um agrupamento de dados e o número de eventos no eixo y. (PARIS, W., 2005).

Os histogramas podem ser classificados nos seguintes tipos:

- histogramas simétricos - semelhantes a uma distribuição normal;
- histograma assimétrico e com apenas um pico;
- histograma tipo "despenhadeiro";
- histograma com dois picos;
- histograma do tipo "platô".

Para a construção de um histograma deve-se (DAHLGAARD; et al., 2002):

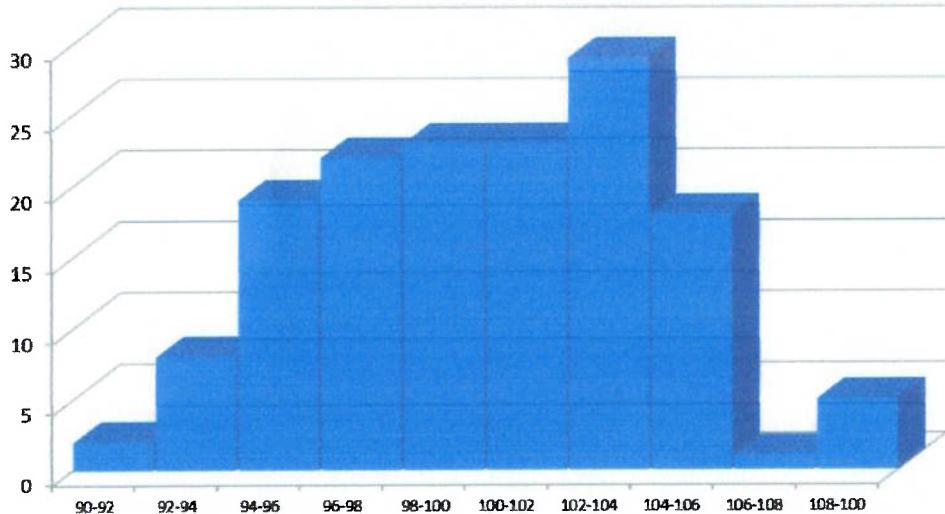
- Realizar o planejamento e coleta de dados.
- Calcular o intervalo de dados. O intervalo é igual à diferença entre o número maior e o menor do conjunto de dados.
- Determinar o número de classes. O objetivo desta etapa é de dividir o intervalo de dados, calculado na etapa anterior, em intervalos iguais, são as classes, para que possam ser calculadas as frequências de cada classe. O número de classes depende do número de dados total da amostra, mas intervalos muito grandes ou muito pequenos devem ser evitados. O número de classes pode ser calculado pela fórmula de Sturges conforme fórmula descrita.

Fórmula de Sturges: $k = 1 + 3,332 * \log (n)$
 (n = número total de dados selecionados)

- Determinar limites dos intervalos. Após calculado o número de classes pode ser calculado o intervalo das classes. A largura de cada classe é a divisão do intervalo total de dados, calculado no início, pelo número total de classes.
- Determinar as freqüências de cada classe e preparar o histograma. Para calcular as frequências é necessário contar quantas amostras aparecem em cada classe determinada. As frequências são registradas de modo que o histograma possa ser construído.
- A figura 4 mostra um exemplo de histograma das médias dos subgrupos. Este é um histograma do tipo "platô", pois as classes centrais possuem aproximadamente a mesma frequência.

Figura 4 - Histograma

Histograma



Fonte: SILVEIRA, C. B., 2014

2.2.4 Diagrama de Pareto

O princípio de Pareto é também conhecido como princípio 80 / 20. De acordo com este princípio 80 % das consequências são originadas por 20 % das causas. Este princípio foi apresentado por Vilfredo Pareto em 1897 (NAIDU, BABU, RAJENDRA, 2006).

Um diagrama de Pareto é, basicamente, um gráfico de colunas, no qual as colunas são dispostas em ordem de altura decrescente, a partir da esquerda, conforme figura 5, e estas colunas ilustram a frequência de cada evento. As colunas são ordenadas nas frequências de maior ocorrência. É baseado no princípio de que a maioria das perdas tem poucas causas e algumas perdas são vitais para a resolução da maior parte dos problemas (LINS, 1993).

Para a construção do diagrama de Pareto pode-se seguir os seguintes passos (NAIDU, BABU, RAJENDRA, 2006):

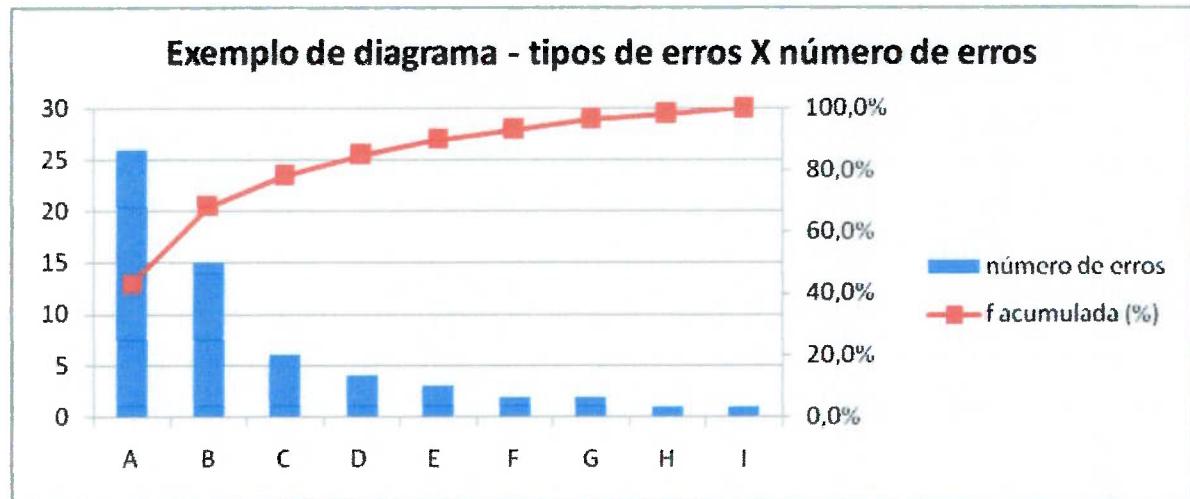
- definir qual o objetivo da aplicação do diagrama, definir a área de aplicação;
- definir o método e período da coleta de dados para realizar a tabela base para o diagrama;
- ordenar os itens em ordem decrescente, calcular a porcentagem de cada item com relação ao total de itens, obtendo assim a frequência relativa, e calcular em outra coluna a frequência acumulada dos itens;
- traçar o diagrama em que o número de cada ocorrência e a curva equivale à frequência acumulada.

O segredo do princípio de Pareto vem da maneira como o gráfico é mostrado, com isto é facilmente possível compreender a tabela utilizada para sua geração. O diagrama de Pareto formado por colunas destaca rapidamente os "poucos problemas vitais" que devem ser trabalhados em primeiro lugar. Assim, ele

ajuda a identificar e priorizar o que precisa ser feito. Também fornece uma base de conhecimento comum fundada em fatos, em vez de palpites, o que resulta em ganhar a cooperação de todos os envolvidos (OMACHONU, 2005).

Os diagramas de Pareto podem ser aplicados em vários campos. Eles proporcionam um meio para estudar e melhorar a qualidade, a eficiência, o desperdício de material, conservação de energia, questões de segurança, redução de custos, etc... Praticamente qualquer área, em que uma equipe tiver o interesse em entender e estudar os problemas, pode se beneficiar com o uso de um gráfico de Pareto (OMACHONU, 2005).

Figura 5 - Diagrama de Pareto



2.2.5 Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa foi apresentado pela primeira vez pelo Dr. Kaoru Ishikawa em 1943 em um programa de qualidade na Kawasaki Steel Works no Japão. O diagrama também é conhecido como diagrama de causa e efeito, espinha de peixe ou 6Ms e tem como objetivo analisar quais são as causas raiz de um problema ou de um conjunto de problemas (DAHLGAARD; et al.; 2002).

Diagramas de causa e efeito podem ser ferramentas extremamente úteis para criar hipóteses sobre as causas de defeitos e problemas de qualidade. Uma grande vantagem do diagrama é ser uma ferramenta de simples utilização e de fácil compreensão e pode ser aplicada em todas as áreas e em todos os níveis.

Com relação a aplicação do diagrama de Ishikawa como ferramenta da qualidade, o primeiro passo a ser realizado é verificar se os problemas a serem estudados são conhecidos. O diagrama de Pareto é muito útil neste sentido.

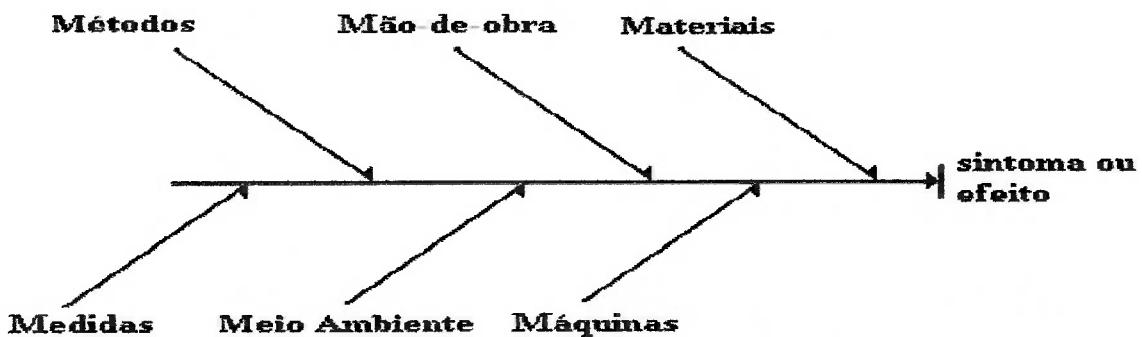
Quando identificado os problemas principais a serem tratados é escolhido um e determinadas suas principais causas. É necessário identificar as causas mais importantes e isto nem sempre é fácil de ser identificado. As principais causas devem ser descritas e é necessário continuar a análise verificando o por quê daquela ocorrência até se ter uma visão clara do problema. Não se pode determinar, por exemplo, como causa de um problema, apenas a qualidade ruim de um produto ou serviço.

A identificação das principais causas é realizada através de uma série de análises de dados em que as outras ferramentas de qualidade (estratificação, folhas de verificação, etc) pode ser extremamente útil quando somente os dados são coletados.

Grande parte das causas podem ser decorrentes dos 6Ms, que são: materiais, máquinas, medidas, materiais, mão de obra, método, meio ambiente.

O diagrama possui aspecto parecido com uma espinha de peixe, conforme figura 6. Sendo assim, é facilmente identificada a causa raiz, obtida a partir de várias perguntas. (COLETI, et al., 2010).

Figura 6 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: SELNER, C., 2009

Estes temas podem ser um bom ponto de partida para a construção do primeiro diagrama de causa e efeito de um determinado problema. É importante salientar que são seis principais causas no diagrama. Se qualquer uma das seis causas não forem utilizadas deve ser especificado separadamente para cada situação problema específico.

Quando o problema for mais complexo e não for possível acessar os dados brutos, um dos métodos que pode ser utilizado é o *Brainstorm* (tempestade de ideias) e a construção de um diagrama de afinidade. Estes podem ser utilizados como ponto de início para futuros processos de *Brainstorms* ou análise da causa em que os participantes tentam descrever quais as primeiras causas identificadas a partir do diagrama de afinidade detalhado.

Esta análise da causa consiste em uma série de perguntas, por que ...? Os 5W, os cinco porquês. A resposta para o primeiro "porquê" é o problema que impede que os resultados saiam como o planejado. Neste ponto pode ser coletado os dados para o diagrama de Pareto. A resposta para o segundo "porquê" são as causas de um ou mais dos problemas que foram descobertos após o primeiro "porquê". O terceiro "porquê" procura descobrir as causas das causas e as perguntas continuam até que os problemas / causas forem tão concretos que é possível começar a planejar em como controlá-los.

Se os problemas / causas forem muito abstratos a ponto do planejamento de um programa de melhoria da qualidade para controle ser muito difícil, o diagrama não deve ser finalizado e as perguntas devem continuar. Assim, pode ser visto que o diagrama de causa efeito e o diagrama de Pareto podem e, em muitos casos, devem ser usados simultaneamente.

Na construção do diagrama, as respostas dos 'porquês' pode ser diretamente ligado ao tronco horizontal principal, tornando-se ramificado e gradualmente mais e mais detalhado. O tronco principal e ramos do diagrama mostra as respostas ao primeiro "porquê", enquanto os ramos secundários mostram as respostas ao próximo "porquê", e assim por diante. Com este processo o

diagrama começa a ter o formato de um peixe, em que as causas seriam as espinhas.

2.2.6 Diagrama de dispersão

O objetivo do diagrama de dispersão é verificar se existe uma relação entre duas variáveis e em qual a intensidade, verificada pela inclinação da reta média. Este diagrama pode ser aplicado aos pontos levantados durante o diagrama de causa efeito, ou a outros pontos que necessitem de verificação de correlação. É realizado a partir de vários pontos no espaço cartesiano XY e estes pontos são usados para representar duas ou mais variáveis quantitativas simultaneamente. Através do gráfico é possível verificar a relação entre as duas variáveis em estudo (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

O diagrama de dispersão é um gráfico de pontos utilizado para verificar a relação entre duas variáveis . A distribuição dos pontos indica esta relação de causa e efeito (ou a falta dela). Para que um diagrama de dispersão possa ser construído, os dados devem estar disponíveis para as duas variáveis estudadas.

Diagramas de dispersão possuem as seguintes características:

- indicar claramente se existe ou não uma relação de causa e efeito entre as duas variáveis;
- indicar a força desta relação.

A seguir, são descritas algumas características dos diagramas de dispersão (OMACHONU; ROSS; 2005):

- A figura 7 ilustra uma forte correlação positiva entre as variáveis e indica que um aumento em Y1 depende de aumentos em X1.

- A figura 8 mostra uma relação positiva entre as variáveis. No entanto, outros fatores parecem estar influenciando Y2.
- A figura 9 apresenta que não existe qualquer relação entre as variáveis.
- Na figura 10 ocorre uma relação negativa entre as variáveis, mas outros fatores estão afetando Y4.
- A figura 11 mostra uma forte relação negativa entre as variáveis e indica que um aumento em Y5 depende da diminuição em X5.

Uma observação é que a conclusão atingida pelo diagrama de dispersão é válida apenas na faixa de intervalo de valores que foram efetivamente observados (OMACHONU; ROSS; 2005).

Figura 7 - Correlação positiva



Figura 8 - Correlação leve positiva

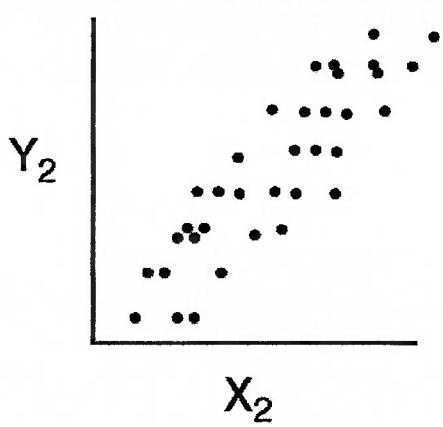


Figura 9 - Sem correlação

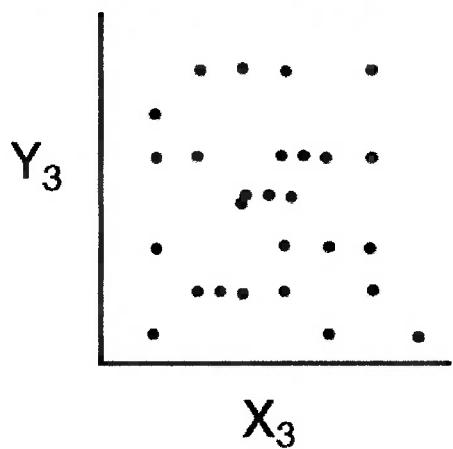


Figura 10 - Correlação leve negativa

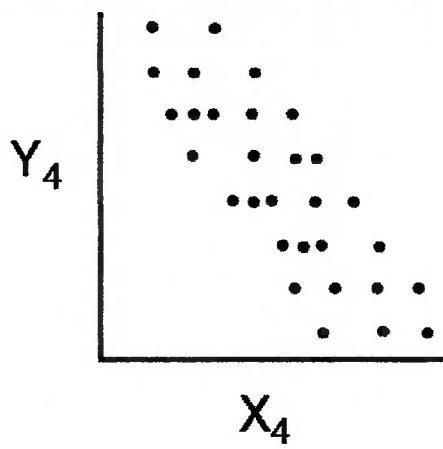
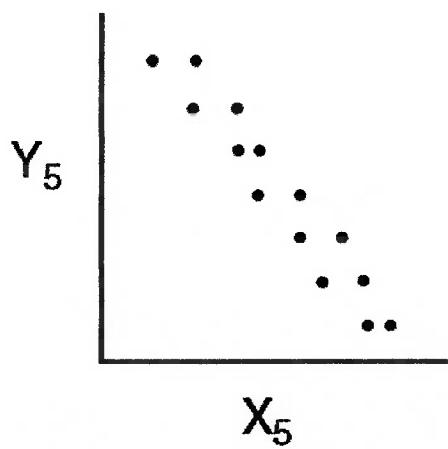


Figura 11 - Correlação negativa



Fonte: OMACHONU; ROSS; 2005

2.2.7 Carta de controle

A carta de controle é uma ferramenta que faz parte do controle estatístico de processo (CEP) com o objetivo de detectar tendências de desvios no processo. O gráfico da carta de controle possui uma linha superior, conhecido como limite superior de controle (LSC) e uma linha na parte inferior, conhecido como limite inferior de controle (LIC). O processo medido se encontra no meio do gráfico juntamente com uma linha conhecida como linha central (LC).

Este gráfico deve ser monitorado constantemente durante o processo, pois é durante o monitoramento que é possível verificar a tendência do gráfico e realizar interações para a melhoria do processo ou solução do problema (ALENCAR; et al., 2004).

A seguir são descritos os passos para a realização da carta de controle, conforme OLIVEIRA, et al. (2013):

- Definir qual o objetivo da aplicação da carta de controle (exemplo: métodos de ensaios não normativos validados);
- Definir o que deve ser controlado para atingir estes objetivos (exemplo: tempo de resposta de equipamento de medição);
- Definir o tipo de carta de controle;
- Definir o que será medido (exemplo: equipamentos de medição de temperatura e potência) e quais equipamentos ou materiais auxiliares serão necessários para realizar esta medição. Deve ser considerada para escolha deste material ou equipamento que haverá um monitoramento constante, portanto as condições das medições para monitoramento devem ser tão próximas quanto possível do real e os materiais ou equipamentos devem ter uma verificação, calibração e manutenção preventiva, conforme aplicável;

- Definir as pessoas que irão se responsabilizar pelo monitoramento. Lembrando que diferentes pessoas podem realizar diferentes tipos de medição se não ocorrer uma padronização na realização do procedimento. Para identificar esta diferença podem ser realizados gráficos separados.

A carta de controle, após concluída sua realização, deve ser alimentada constantemente para a realização do monitoramento contínuo do processo escolhido. De acordo com alguns itens, é possível verificar se a carta de controle está fora ou dentro de controle.

Alguns itens, descritos abaixo, servem para indicar quando o gráfico está fora de controle (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION , ISO 8258:1991¹):

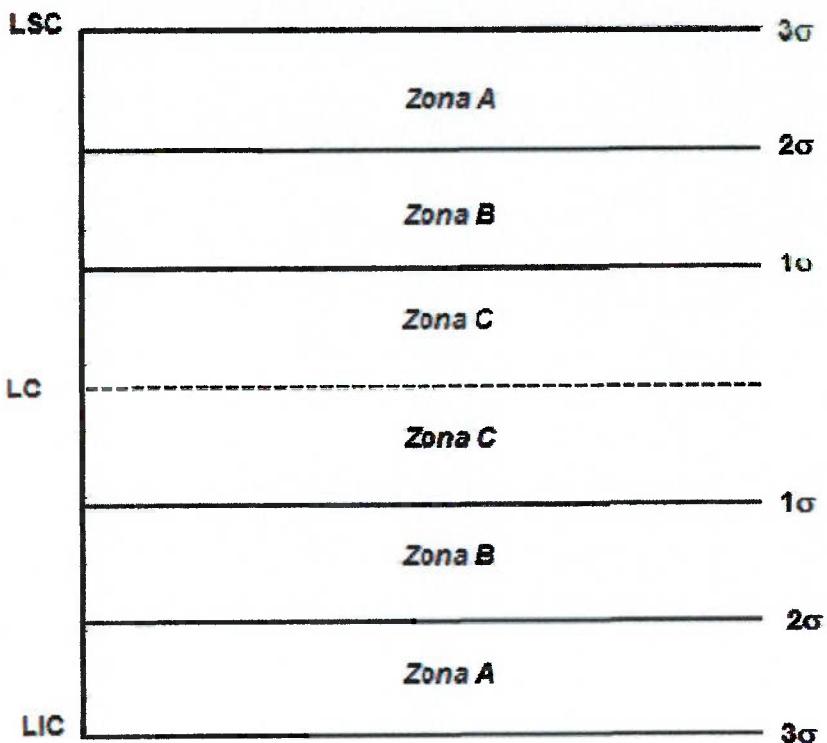
- um ponto qualquer fora dos limites de controle;
- nove pontos consecutivos de um mesmo lado da linha central;
- seis pontos consecutivos em sentido ascendente ou descendente;
- catorze pontos crescendo e decrescendo alternadamente;
- dois de três pontos consecutivos a partir da zona A, do mesmo lado da linha central;
- quatro de cinco pontos consecutivos a partir da zona B, do mesmo lado da linha central;
- quinze pontos consecutivos na zona C;

¹ Nota: a ISO 7870-2:2013 cancela e substitui a ISO 8258:1991

- oito pontos de ambos os lados da linha central na zona B, sem nenhum na zona C.

As zonas A, B e C são mostradas na figura 12.

Figura 12 - Linhas correspondentes ao desvio, sigma



Se a carta estiver fora de controle, é necessário tomar providências para modificar o processo para atingir a normalidade ou até mesmo, dependendo do caso, modificar os limites superior e inferior de controle.

As cartas de controle podem ser classificadas em: cartas de controle para variáveis ou cartas de controle para atributos.

2.2.7.1 Carta de controle para atributos

Este tipo de carta é aplicado quando, após analisar o objetivo do monitoramento por carta de controle, a medição não pode ser representada numericamente. Então são utilizados atributos para classificar cada item a ser medido que pode ser conforme ou não-conforme, presença ou ausência, positivo ou negativo. Para tais características são denominados cartas de controle para atributos.

Tipos de cartas de controle para atributos:

- Cartas p (para controlar a proporção de unidades não conformes);
- Cartas np (para controlar o número de unidades não conformes);
- Cartas c (para controlar o número de não conformidades por unidade);
- Cartas u (para controlar a taxa de não conformidades por unidade).

(OLIVEIRA; et al., 2013)

2.2.7.2 Carta de controle para variáveis

A medida é realizada em uma escala numérica que seria a variável.

Exemplos de medições de variáveis: medidas de potência, corrente, temperatura, dimensionais, massa, volume, força, contagem de estilhaços de vidro ou outras partes, etc.

Abaixo, alguns tipos de cartas de controle para variáveis:

- Cartas x barra e R (média e amplitude);
- Cartas x barra e s (média e desvio padrão);
- Cartas I e MR (valores individuais e amplitude móvel).

(OLIVEIRA; et al., 2013)

3 CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO

A organização é um laboratório de ensaios de segurança elétrica que realiza ensaios em equipamentos eletrodomésticos.

Com o aumento da demanda de ensaios de segurança elétrica, após a Portaria 371 entrar em vigor, os laboratórios de ensaios de segurança em equipamentos eletrodomésticos precisaram realizar um desenvolvimento, crescimento e também ocorreu um aumento no número de laboratórios de ensaios deste tipo.

A aplicação de vários Programas de Análise de Produtos foi de grande importância para medir os tipos de equipamentos comercializados antes da implantação da Portaria 371. Este Programa, conduzido pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), juntamente com acidentes de consumo ocorridos com diversos aparelhos eletrodomésticos e similares e reclamações de clientes foram as ferramentas utilizadas para verificar a necessidade de aplicação de uma Portaria 371 (INMETRO, 2009 a).

O Programa de Análise de Produtos é um programa de melhoria contínua da qualidade dos produtos comercializados no Brasil, que é baseado em reclamações que chegam ao INMETRO através do Departamento de Proteção de Defesa do Consumidor, organismos públicos ou entidades civis de defesa do consumidor, da imprensa, solicitações dos próprios setores produtivos, e frequentemente, dos IPEMs (Institutos Estaduais de Pesos e Medidas).

Os itens da IEC 60335-1 (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, 2010 b), norma geral de equipamentos eletrodomésticos são voltados para ensaios de segurança elétrica, descritos a seguir:

- item 6 - Classificação
- item 7 - Marcações e instruções

- item 8 - Proteção contra acesso às partes vivas
- item 9 - Partidas de aparelhos operados a motor
- item 10 - Potência e corrente absorvida
- item 11 - Aquecimento
- item 13 - Corrente de fuga e tensão suportável na temperatura de operação
- item 14 - Sobretensões transitórias
- item 15 - Resistência à umidade
- item 16 - Corrente de fuga e tensão suportável
- item 17 - Proteção contra sobrecarga de transformadores e circuitos associados
- item 18 - Durabilidade
- item 19 - Funcionamento em condição anormal
- item 20 - Estabilidade e riscos mecânicos
- item 21 - Resistência mecânica
- item 22 - Construção
- item 23 - Fiação interna
- item 24 - Componentes
- item 25 - Ligação de alimentação e cordões flexíveis externos

- item 26 - Terminais para condutores externos
- item 27 - Disposição para aterramento
- item 28 - Parafusos e ligações
- item 29 - Distâncias de escoamento, separação e isolação sólida
- item 30 - Resistência ao calor e ao fogo
- item 31 - Resistência ao enferrujamento
- item 32 - Radiação, toxicidade e riscos similares

Algumas das normas particulares da norma geral, IEC 60335-1, de ensaios de segurança em equipamentos eletrodomésticos, conforme INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, (2014 a) estão descritas abaixo:

- IEC 60335-1 *Household and similar electrical appliances. General requirements* - Segurança de aparelhos eletrodomésticos e similares. Requisitos gerais.
- IEC 60335-2-2 *Particular requirements for vacuum cleaners and water-suction cleaning appliances* - Requisitos particulares para aspiradores de pó e aparelhos de limpeza por succão de água.
- IEC 60335-2-3 *Particular requirements for electric irons* - Requisitos particulares para ferros elétricos de passar roupa.
- IEC 60335-2-6 *Particular requirements for stationary cooking ranges, hobs, ovens and similar appliances* - Requisitos particulares para fogões estacionários, fogões de mesa, fornos e aparelhos similares.

- IEC60335-2-9 *Particular requirements for grills, toasters and similar portable cooking appliances* - Requisitos particulares para grelhas, torradeiras e equipamentos de cozinha portáteis similares
- IEC 60335-2-13 *Particular requirements for deep fat fryers, frying pans and similar appliances* - Requisitos particulares para fritadeiras, frigideiras e equipamentos similares.
- IEC 60335-2-14 *Particular requirements for kitchen machines* - Requisitos particulares para máquinas de cozinha.
- IEC 60335-2-15 *Particular requirements for appliances for heating liquids* - Requisitos particulares para aquecedores de líquidos.
- IEC 60335-2-23 *Particular requirements for appliances for skin or hair care* - Requisitos particulares para aparelhos para cuidado com a pele e cabelo.
- IEC 60335-2-25 *Particular requirements for microwave ovens, including combination microwave ovens* - Requisitos particulares para fornos de microondas, incluindo fornos de microondas combinado
- IEC 60335-2-30 *Particular requirements for room heaters* - Requisitos particulares para aquecedores de ambiente.
- IEC 60335-2-64 *Particular requirements for commercial electric kitchen machines* - Requisitos particulares para máquinas elétricas de cozinha de uso comercial.
- IEC 60335-2-80: *Particular requirements for fans* - Requisitos particulares para ventiladores.
- IEC 60335-2-98 *Particular requirements for humidifiers* - Requisitos particulares para umidificadores.

4 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS

4.1 PREPARAÇÃO

4.1.1 Avaliação prévia

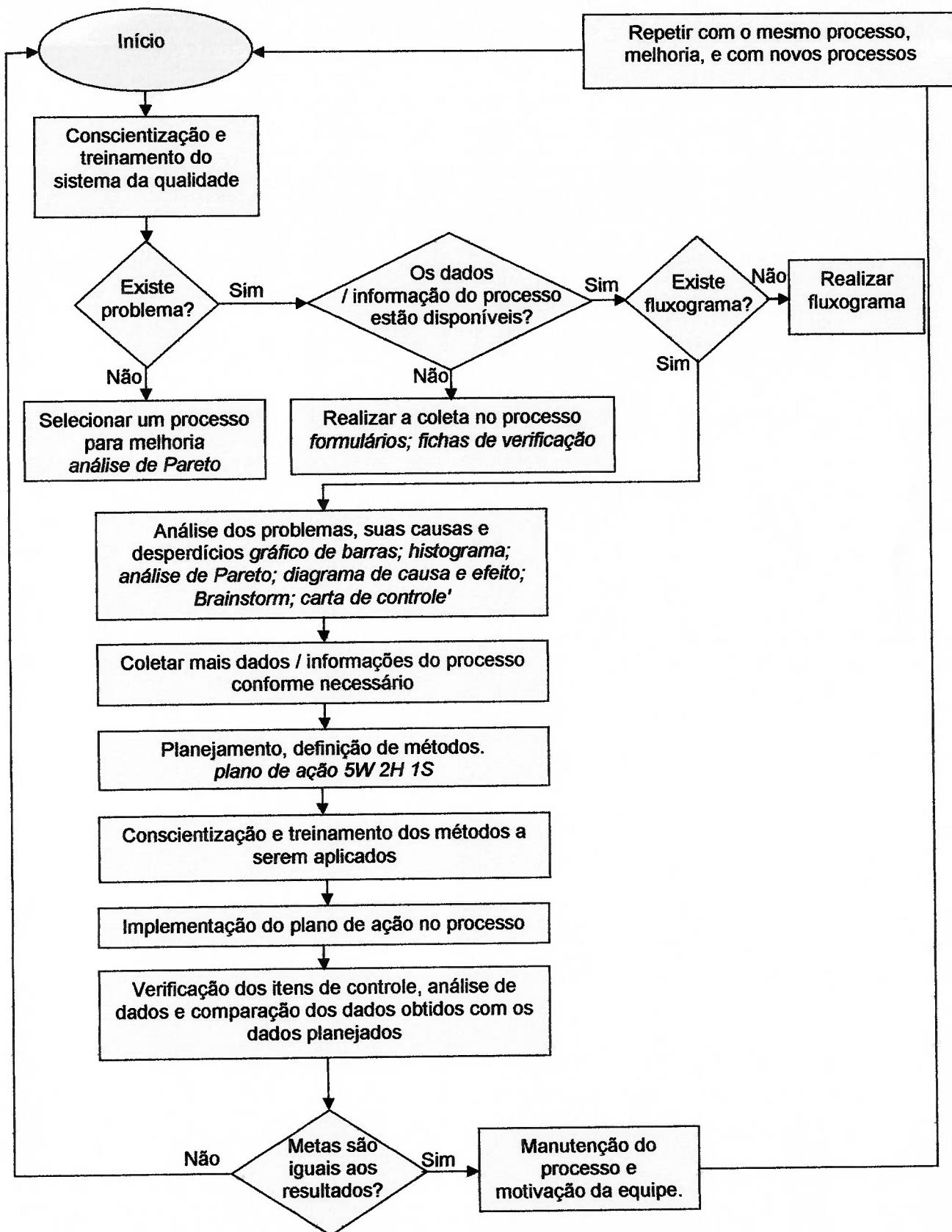
Foi realizada uma avaliação prévia do tipo de laboratório e quais ferramentas mais adequadas poderiam ser aplicadas e foi verificada a possibilidade das sete ferramentas da qualidades serem aplicadas ao laboratório. O foco principal proposto são as sete ferramentas citadas no item 2.2, mas além destas podem ser utilizadas ferramentas auxiliares, como o *Brainstorm* (tempestade de ideias) e o plano de ação 5W 2H 1S.

Os exemplos de aplicação das ferramentas, dados a seguir, assim como os dados descritos são meramente ilustrativos e não retratam nenhum laboratório em particular.

4.1.2 Fluxograma da aplicação das ferramentas

Na figura 13 é descrito um fluxograma de aplicação das ferramentas de qualidade.

Figura 13 - Estratégia para aplicação¹



¹ Adaptado de NAIDU, BABU, RAJENDRA, 2006

4.1.3 Conscientização e treinamento

Para que seja realizada a aplicação das ferramentas no sistema de qualidade é importante que antes seja realizada uma conscientização de todos os funcionários para que haja um engajamento, as metas sejam as mesmas para todos e mais facilmente alcançadas.

O treinamento ou reciclagem deve ser realizado para que todos tenham conhecimento e consigam aplicar as ferramentas.

4.2 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DA APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS

Para aplicação das ferramentas, primeiro é necessário verificar se existe algum problema no processo; se não existir, as ferramentas podem ser aplicadas como melhoria do processo.

Deve ser verificado se todos os dados necessários para a aplicação das ferramentas, assim como informações sobre o processo, estão disponíveis. Estas informações podem ser obtidas através de formulários, fichas de verificações, planilhas ou outros documentos similares.

Se não existir um fluxograma do processo deve-se providenciar. No fluxograma é detalhado o processo de serviço do início ao fim. Após concluído o fluxograma é possível realizar uma análise por etapas e verificar os pontos críticos do processo.

Em seguida, pode ser realizado o gráfico de barras, com os dados das folhas de verificação e formulários gerais, para verificar a situação das variáveis conforme item 4.3.3.2 e elaborar o histograma para analisar o problema "tempo de atendimento ao cliente".

Então, pode ser realizado o diagrama de Pareto para identificar quais as principais causas de problemas, as causas que provocam maior quantidades de problemas. Resolvendo estes é possível solucionar a maior parte dos problemas observados.

Então, com base nos problemas mais graves evidenciados no diagrama de Pareto, pode ser realizado um *Brainstorm* (tempestade de ideias) para obtenção de diferentes opiniões para soluções, discussão em detalhe de cada problema e sugestões de melhorias. Destas sugestões podem ser recicladas as mais adequadas a cada tipo de problema, correções, melhorias do processo e ações preventivas.

A etapa seguinte, com a ajuda do *Brainstorm*, pode ser a realização do diagrama de Ishikawa para obter quais as causas raiz dos problemas, iniciando pelos mais críticos identificados pelo diagrama de Pareto.

Realizado o diagrama de Ishikawa, podem ser realizados diagrama de dispersão para verificar se realmente há uma relação entre causas e efeitos e qual a intensidade desta relação; mas no caso não houve necessidade, devido ao conhecimento prévio das variáveis.

Então pode ser utilizada a carta de controle, que é um controle contínuo, ou pode ser aplicado assim que sanados os problemas. O tempo de execução do processo pode ser medido por carta de controle, para verificar o comportamento, a tendência do processo e se este encontra-se sob controle. Como é uma ferramenta de medição contínua, é possível traçar novos limites e metas conforme melhoria observada na carta.

Após a aplicação destas ferramentas, pode ser verificado se há necessidade de coleta de mais dados e informações sobre o processo e se é preciso realizar a revisão do processo já traçado, por exemplo, o fluxograma.

Pode ser realizado o planejamento, definição de métodos, realizado o plano de ação, conscientização e treinamento dos métodos definidos no plano de ação e efetivamente realizada a implementação no processo.

Então, pode ser verificado os itens de controle e análise dos dados. Verificar se as metas foram atingidas com os planos de ação traçados, se for atingido, manter o controle sobre o processo. Se as metas não forem alcançadas, deve ser repetido o ciclo realizando uma análise crítica do motivo de não ter funcionado no primeiro ciclo.

Estas ferramentas são aplicadas de maneira contínua, após e durante a aplicação das ferramentas da qualidade e com base nos indicadores são analisadas as causas raiz, resolvidos os problemas imediatos, realizado a aplicação da correção e prevenção de possíveis problemas (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, 2005 c).

4.3 APLICAÇÃO

4.3.1 Gráficos - Fluxograma

4.3.1.1 Gráficos

Existem vários tipos de gráficos utilizados neste trabalho, como o histograma, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, diagrama de dispersão, carta de controle e um exemplo de fluxograma, que é uma ferramenta útil em organizações em geral.

4.3.1.2 Fluxograma

Representação gráfica por etapas que, de maneira esquemática, pode representar um processo ou tarefa do qual origina o produto final ou serviço. Pode ser uma representação do processo completo ou uma área específica dependendo do objetivo de sua realização (BEHER; MORO; ESTABEL, 2008).

Com o fluxograma é possível identificar os componentes de um processo e os funcionários podem identificar claramente em qual etapa do processo eles se enquadram. É possível também, verificar se o procedimento realizado realmente é o ideal, realizando uma análise crítica no fluxo do processo. Também serve como ferramenta de treinamento para funcionários novos ou funcionários transferidos de outras áreas (OMACHONU; ROSS, 2005).

Para a elaboração do fluxograma deve ser definida qual a área a ser estudada. Através do fluxograma é possível ter uma visão de como funciona o fluxo interno com as diferentes áreas e clientes internos.

A figura 14 ilustra um exemplo de fluxograma de quatro áreas de um laboratório de ensaios de segurança elétrica.

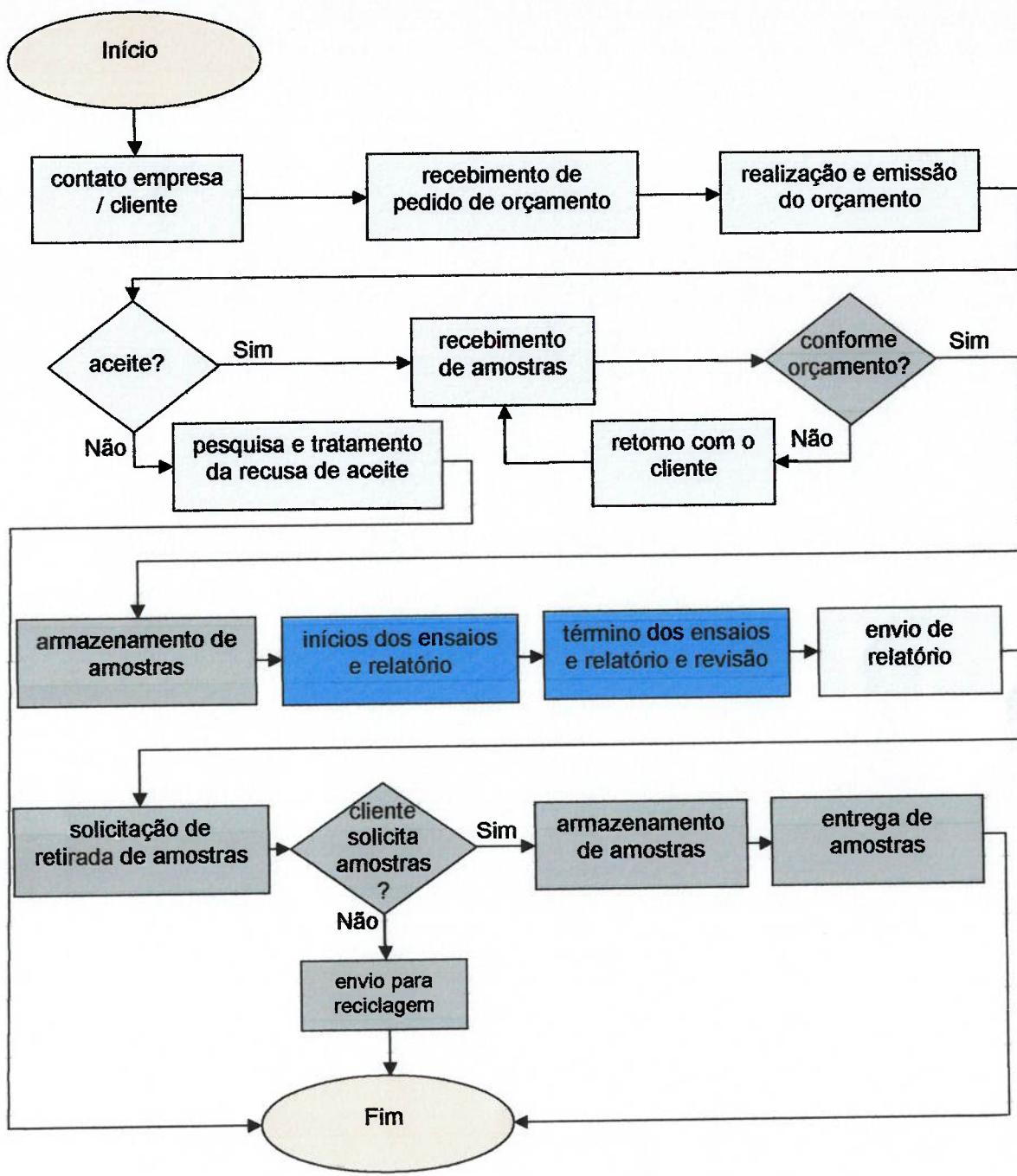
A área comercial é responsável pelo primeiro contato com o cliente; este contato pode ser realizado através de um representante comercial externo, ou contato direto com o laboratório. O cliente realiza o pedido de orçamento, com suas devidas especificações e assim que enviado o aceite formal do orçamento e o equipamento a ser ensaiado, a amostra é segregada no laboratório, para aguardar o início da realização dos ensaios solicitados. O equipamento entra em uma "fila" de espera, que dependendo da demanda e capacidade do laboratório, pode ser de meses.

A área administrativa é responsável, entre outros, pela logística dos equipamentos a serem ensaiados, segregação e fluxo interno, por exemplo, quando os equipamentos a serem ensaiados forem solicitados internamente. Após ensaiado, o equipamento é novamente segregado e disponibilizado ao cliente.

E por fim, a área técnica, que é responsável pela realização dos ensaios, monitoramento e calibrações dos equipamentos de medição, realização e assinatura de relatórios.

Em alguns casos o cliente não se interessa mais pelo equipamento ensaiado, os equipamentos são recusados devido a maioria ser totalmente destruídos. Devido a preocupação com o meio ambiente e enorme quantidade de lixo gerado constantemente, nestes casos, o laboratório envia o lixo eletrônico a uma empresa recicladora.

Figura 14 - Fluxograma ilustrativo do processo



Legenda (áreas):

	Administrativa
	Início / Fim

	Comercial
	Técnica

A partir do fluxograma é possível entender o processo de ensaios desde o primeiro contato com o cliente até a entrega do relatório final e do equipamento ensaiado. Com esta ferramenta, é possível realizar uma análise crítica no fluxo do processo, verificando possíveis pontos de melhoria. Com as ferramentas mostradas a seguir, é possível identificar facilmente em qual área e etapa se encontra o problema. Assim, facilita também a aplicação de possíveis novos indicadores para melhoria do processo, como por exemplo orçamentos pedidos por aceites recebidos por mês.

4.3.2 Folhas de verificação

As folhas de verificação são, basicamente, formulários para coletar e controlar dados. É possível realizar verificações prévias sobre a viabilidade da execução do processo com segurança e qualidade, como por exemplo:

- para verificação realizada antes do ensaio, o técnico preenche um formulário indicando se está utilizando todos os EPIs (Equipamentos de Proteção Individual) necessários, se todos os equipamentos utilizados no ensaio estão devidamente calibrados, etc...;
- formulário a ser preenchido no recebimento do equipamento a ser ensaiado, para verificar se todas as exigências solicitadas no orçamento foram atendidas;
- formulário de produção, indicando quantos relatórios foram enviados por semana.

Na tabela 1 são indicados os dados obtidos com as folhas de verificação, em dias:

- realização do orçamento - registra o tempo desde o pedido de orçamento pelo cliente até a entrega do mesmo;

- amostra em fila de espera - indica quanto tempo os equipamentos permanecem no laboratório antes de iniciar os ensaios;
- realização de ensaio - tempo gasto durante a realização de ensaios e relatório;
- realização revisão - tempo gasto com revisão e assinatura;
- espera por retirada de amostra - tempo que os equipamentos que já foram ensaiados, permanecem disponíveis para a retirada pelo cliente;
- permanência útil no laboratório - diferença entre tempo de chegada do equipamento a ser ensaiado e entrega de relatório;
- horas extras - horas extras gastas pelos técnicos e administrativos para entrega dos processos no prazo;
- atrasos - atrasos na entrega de relatórios de ensaios e orçamentos.

Tabela 1 - Coleta de dados

Mês	realização orçamento (d)	amostra em fila de espera (d)	realização ensaio (d)	realização revisão (d)	espera por retirada de amostra (d)	permanência útil no laboratório (d)	horas extras (h)	atrasos (%)
julho	5	39	16	4	18	59	327	21
agosto	5	42	14	4	20	60	333	24
setembro	4	29	15	5	21	49	432	23
outubro	4	28	15	4	14	47	393	19
novembro	4	25	14	4	14	43	388	22
dezembro	3	31	14	3	16	48	390	22

Com os dados mostrados na tabela 1 e o histograma pode ser verificado como se comportam as variáveis no processo.

4.3.3 Gráfico de colunas e histograma

4.3.3.1 Geral

A seguir são ilustrados os gráfico de colunas e o histograma. Apesar do gráfico de colunas não ser o foco principal deste trabalho, ele foi utilizado como ferramenta auxiliar para mostrar que é possível sua utilização para melhor visualização dos pontos problemáticos.

4.3.3.2 Gráfico de colunas

O gráfico de colunas é uma ilustração dos dados, na qual colunas retangulares são utilizadas para representar a quantidade da variável analisada. Este gráfico é usado principalmente para fins de comparação. Existem tipos especiais de gráficos de colunas disponíveis. Os dois mais comuns são o histograma e o gráfico de Pareto.

Utilizando os dados coletados, na tabela 1, é possível a realização de gráficos conforme observado nas figuras 15, 16, 17, 18 e 19.

Figura 15 - Gráfico de colunas 1

Tempo de realização de orçamento

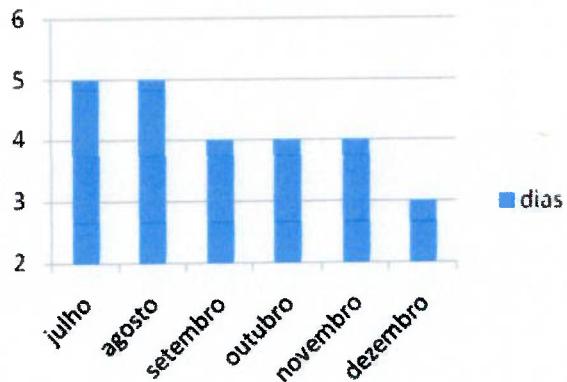


Figura 16 - Gráfico de colunas 2

Tempo de realização de ensaio

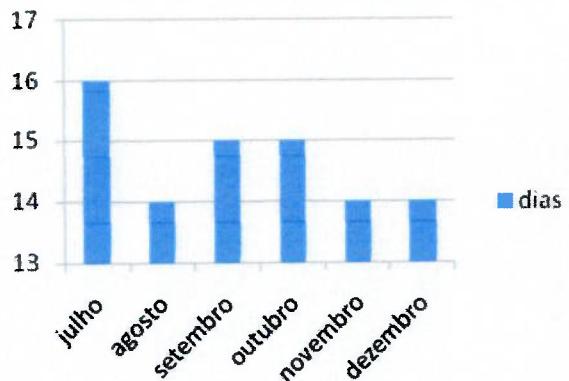


Figura 17 - Gráfico de colunas 3

Tempo entre entrada de amostra e saída de relatório

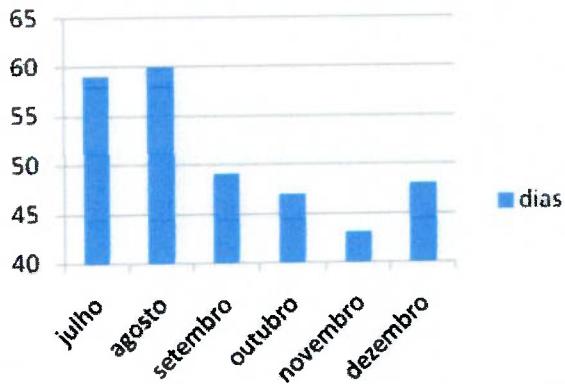
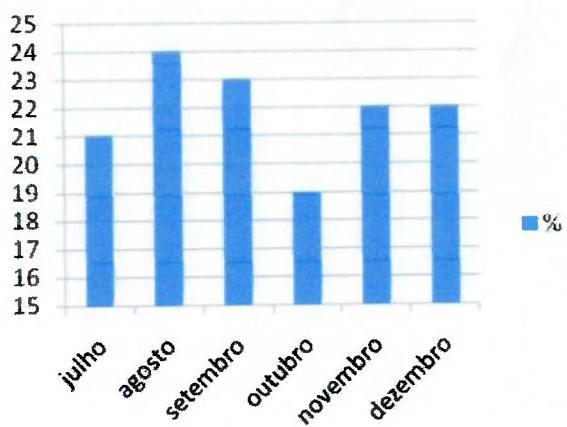


Figura 18 - Gráfico de colunas 4

Atrasos



devido a ausência de espaço, causando filas de equipamentos a serem ensaios, quando estes se encontram com os técnicos executores.

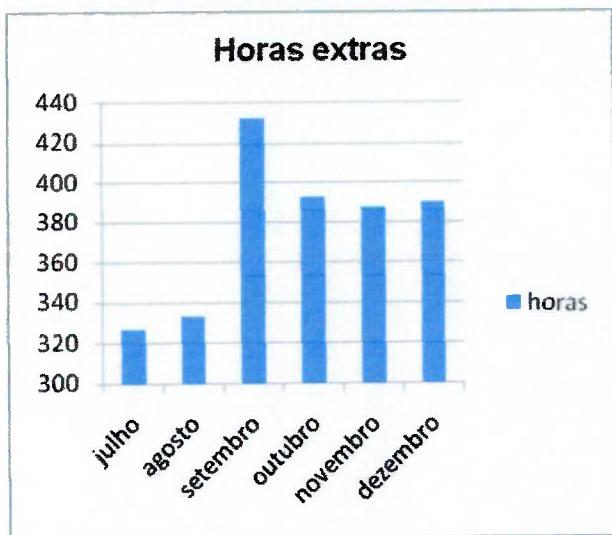
Após ordenar os atrasos em ordem decrescente de dias foi gerada uma nova coluna indicando a porcentagem de frequência relativa de cada item com relação ao total de dias, ou seja 59 dias. Por exemplo, erros de formatação em relatório representam 44 % de atrasos em entrega de relatórios de ensaios, seguindo para o segundo item, ausência de espaço que representam 25 % de atrasos em entrega de relatórios.

A frequência acumulada dos itens encontra-se na quarta coluna da tabela 4. Esta frequência equivale a soma da porcentagem das frequências de todos os itens até o ponto descrito. Isto é, a frequência descrita no item "ausência de espaço" equivale a soma da frequência relativa dos itens "erros de formatação" e "ausência de espaço". No caso do atraso "equipamentos em calibração" a frequência acumulada equivale a soma percentual das frequências relativas de cada um dos itens anteriores com a frequência relativa do item "equipamentos em calibração" e assim por diante.

Por fim, foi traçado o diagrama de Pareto, em que as colunas equivalem ao número de cada ocorrência e a curva equivale à frequência acumulada.

Com o diagrama de Pareto, mostrado na figura 21, é possível visualizar claramente as maiores causas do problema analisado. A partir deste ponto, pode-se realizar uma análise de como solucionar os problemas evidenciados. Neste caso mostrado, é possível verificar que os primeiros problemas que aparecem com maior frequência equivalem a mais da metade dos problemas existentes. Este não é um típico resultado, pois geralmente 20 % das causas existentes provocam 80 % dos resultados, de acordo com o princípio 80 / 20, (Princípio de Pareto).

Figura 19 - Gráfico de colunas 5



Pode-se observar nos "tempo de realização de orçamento", "tempo de realização de ensaio" e "tempo entre entrada e saída do relatório" que houve queda enquanto no gráfico de "horas extras" ocorreu um aumento a partir de setembro, isto pode ser uma justificativa para a queda citada. No entanto o gráfico de "atrasos" em entrega de relatórios não ocorreu queda significativa, desta forma em um primeiro momento, enquanto é realizado um estudo com as ferramentas da qualidade para diminuição do tempo de atendimento ao cliente, pode-se aumentar o tempo previsto para a realização dos ensaios, pois o número de atrasos está muito alto, conforme gráfico. Paralelamente será realizada a aplicação das ferramentas da qualidade para que o prazo de entrega de serviço seja diminuído.

4.3.3.3 Histograma

Utilizando os dados coletados, na tabela 1, é possível a realização de um histograma para analisar o tempo de atendimento ao cliente.

Tabela 2 - Tabela do histograma

Classe	frequência
45-49	1
50-53	3
54-57	5
58-61	6
62-65	57
66-69	42
70-73	21
74-77	12
78-81	3

Figura 20 - Histograma



Para o histograma da figura 20 foram realizados os seguintes passos:

- Foram coletados os dados do mês de julho referente ao "tempo de atendimento ao cliente" com o objetivo de melhorar a média mensal.

Este tempo equivale a soma dos tempos de realização de orçamento, amostra em fila de espera e, realização de ensaios e relatório;

- A diferença entre o número maior e o menor do conjunto de dados foi $79 - 45 = 34$;
- Cálculo do número de classes: Fórmula de Sturges = $k = 1 + 3,322 * \log (150) = 8,25$ (aproximadamente);
- Intervalos das classes = $(34 / 8,25) = 4$ (aproximadamente);
- Foram determinadas as frequências de cada classe conforme tabela 2.

O histograma da figura 20 é do tipo assimétrico, não possui o formato da curva gaussiana e possui um pico com um declínio brusco de um dos lados.

Através deste gráfico é possível verificar que a maior partes dos relatórios foram entregues entre 62 e 69 dias e dificilmente são entregues relatórios em menos de 62 dias.

4.3.4 Diagrama de Pareto

No caso ilustrado neste item o diagrama foi aplicado para diminuir os atrasos em entrega de relatórios.

Na tabela 3 são indicadas as causas de atraso de entrega de relatório de ensaio que foram, em dias:

- equipamentos em calibração / manutenção - falta de planejamento para a realização dos ensaios, os ensaios são atrasados devido a ausência de equipamentos de medição enviados para manutenção ou calibração;

- ausência de espaço - ausência de espaço para a realização de ensaios causando filas para utilização de bancada de ensaio;
- doenças ou acidentes - atrasos em realização de ensaios, relatórios e orçamento devido a ausência dos funcionários;
- falta de luz / água - atrasos em realização de ensaios, relatórios e orçamento devido à falta de luz e água.
- dados do cliente desatualizados, máscaras utilizadas incorretamente e erros similares - causa de atraso na entrega de relatórios e orçamentos devido a erros de formatação.

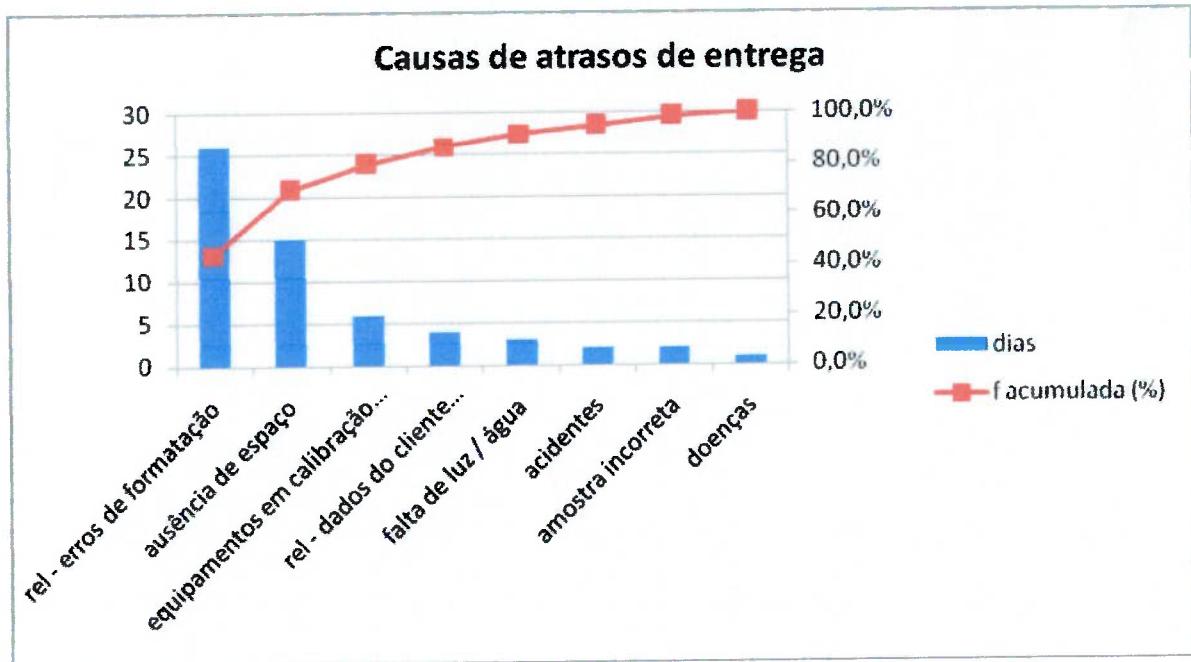
Tabela 3 - Compilação da coleta de dados

	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
Atraso no início dos ensaios						
amostra incorreta	0	1	0	0	1	0
Atrasos durante os ensaios						
equipamentos em calibração / manutenção	2	0	1	3	0	0
ausência de espaço	3	2	2	3	3	2
doenças	1	1	0	0	0	0
acidentes	1	1	0	0	0	0
falta de luz / água	1	0	1	1	0	0
Revisões de relatórios						
erros de formatação	9	5	3	4	3	2
dados do cliente desatualizados	3	1	0	0	0	0

Tabela 4 - Base para o diagrama de Pareto

atrasos	dias	f relativa (%)	f acumulada (%)
rel - erros de formatação	26	44,1%	44,1%
ausência de espaço	15	25,4%	69,5%
equipamentos em calibração / manutenção	6	10,2%	79,7%
rel - dados do cliente desatualizados	4	6,8%	86,4%
falta de luz / água	3	5,1%	91,5%
acidentes	2	3,4%	94,9%
amostra incorreta	2	3,4%	98,3%
doenças	1	1,7%	100,0%
Total	59	100%	

Figura 21 - Causas de atrasos



Para obter o número de dias mostrados na segunda coluna da tabela 4 foram somados todos os dias de atrasos relacionados. Por exemplo, foram gastos 26 dias com todos os atrasos em entrega de relatório de ensaios com relação a erros de formatação; no segundo caso, foram gastos 15 dias com todos os atrasos

4.3.5 Diagrama de Ishikawa

Foram descritos o *Brainstorm* (tempestade de ideias) e diagrama de Ishikawa. O *Brainstorm* não faz parte do foco principal deste trabalho, mas pode ser utilizado como ferramenta auxiliar antes de ferramentas como Diagrama de Ishikawa, Plano de ação 5W 2H 1S ou em processos de melhoria assim que definido um tema.

4.3.5.1 Brainstorm (tempestade de ideias)

A partir do diagrama de Pareto é possível detectar quais causas de problemas são as mais críticas e quais não necessitam de resolução imediata. As causas mais críticas são tratadas primeiro, então podem servir como tema de um *Brainstorm*.

Brainstorm ou "tempestade de ideias" é uma técnica usada para produzir rapidamente um grande número de ideias e pode ser usada em uma variedade de situações. Um mediador realiza uma reunião em que problemas são apresentados, os problemas podem ser entregues com antecedência ou na hora, cada participante pode apresentar ideias livremente sobre o problema em questão. São incentivadas a criatividade, a grande quantidade de ideias e os complementos e ou aperfeiçoamentos de ideias já sugeridas. Já as críticas ou ridicularizações não são permitidas durante uma sessão de *Brainstorm*, isto para que todos possam participar sem se sentirem coagidos pelos colegas. Todas as pessoas são incentivadas expor suas ideias livremente. O principal objetivo é criar uma atmosfera de entusiasmo e criatividade. Todas as ideias oferecidas são registradas para posterior análise. O processo é continuado até que todas as causas possíveis sejam expostas. (NAIDU, BABU; RAJENDRA, 2006)

Após este primeiro momento, é realizada uma "reciclagem" dos pontos que serão aplicados e tratados. Então é possível a realização do diagrama de Ishikawa

ou espinha de peixe e posteriormente realizar um plano de ação para a resolução dos problemas.

Esta ferramenta pode ser usada, não apenas na área da qualidade, como também em outras áreas para melhoria geral.

4.3.5.2 Diagrama de Ishikawa

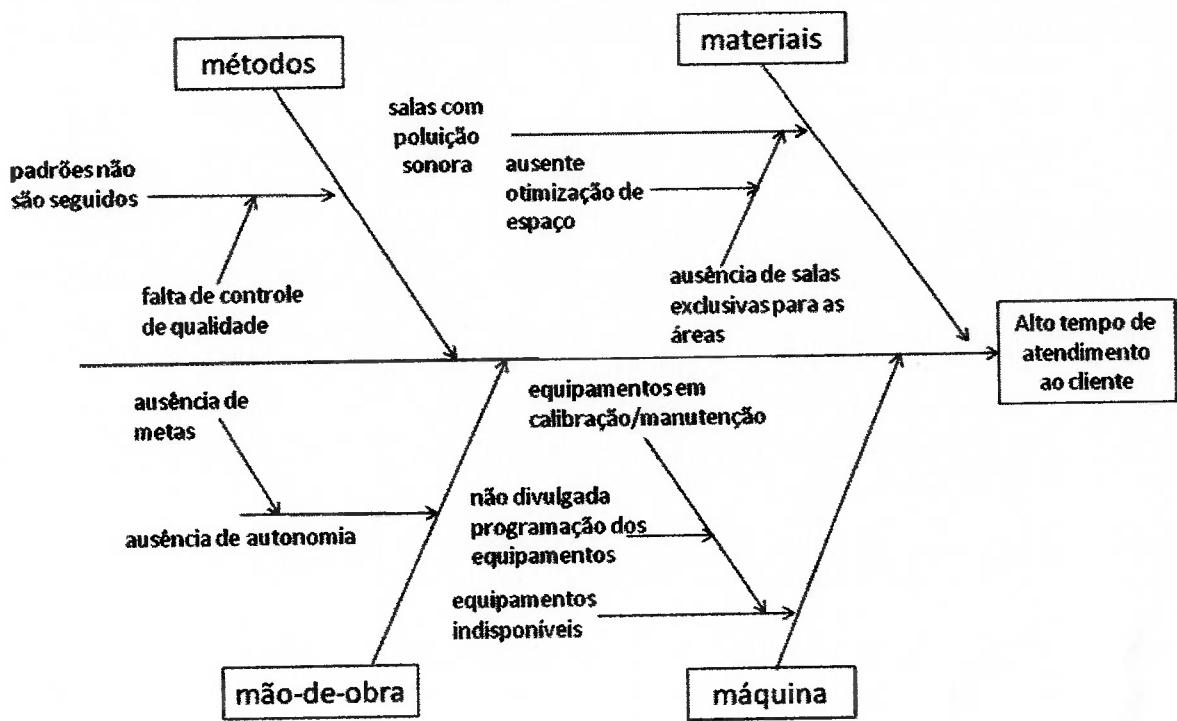
Este diagrama também pode ser utilizado com 4Ms utilizando as seguintes causas de problemas: mão de obra, materiais, máquinas e meio ambiente.

No exemplo da figura 22 foi definido como problema principal o "alto tempo de atendimento ao cliente". O tempo de atendimento ao cliente é a soma do tempo gasto desde o pedido até a entrega do orçamento com o tempo gasto com ensaios e relatórios, que seria o tempo desde o recebimento do equipamento a ser ensaiado, de acordo com o orçamento, até a entrega do relatório final. Quanto menor este tempo, melhor para o cliente, pois irá receber rapidamente seu relatório de ensaio, podendo assim continuar o processo de certificação do equipamento, e melhor para o laboratório, pois este pode atender uma maior demanda e realizar o trabalho com qualidade.

O diagrama de Ishikawa foi traçado após *Brainstorm* realizado para discussão sobre as maiores causas do problema. Assim que concluído o diagrama, é necessário traçar o plano de ação para a resolução das causas raiz.

Na figura 22 o problema proposto foi "alto tempo de atendimento".

Figura 22 - Alto tempo de atendimento



Após análise do problema principal foram obtidas as seguintes causas:

- falta de controle de qualidade;
- ausência de otimização de espaço;
- ausência de metas;
- não divulgada a programação dos equipamentos.

Para que sejam resolvidas estas causas podem ser traçados planos de ação, descritos no item 4.3.7.3 deste trabalho. Com eles podemos tratar as causas, definir metas, prazos, responsáveis, indicadores e etc...

4.3.6 Diagrama de dispersão

Este diagrama, conforme citado anteriormente, é aplicado com o objetivo de verificar a relação entre duas variáveis.

No caso do exemplo dado no diagrama de Ishikawa, pode ser verificado a relação entre o problema proposto "alto tempo de atendimento ao cliente" com as possíveis causas levantadas. Verificando assim se com a resolução das causas realmente é possível resolver ou diminuir o problema.

Não foi verificada a necessidade de aplicação desta ferramenta no laboratório de ensaios de segurança devido ao conhecimento prévio dos problemas.

4.3.7 Carta de controle e plano de ação

As ferramentas aplicadas a seguir são carta de controle e o plano de ação 5W 2H 1S.

4.3.7.1 Carta de controle

A carta de controle de valores individuais I e amplitude móvel MR é utilizada em controle de variáveis quando existe uma amostra no subgrupo.

O primeiro exemplo de primeira carta é correspondente a um período inicial, em que não há controle no processo e o segundo exemplo é após implementação de correções e controle de processo.

Cálculo da carta de controle de amplitude móvel:

- média, \bar{X} barra = soma de todos os valores X dividido pelo número de amostras, n ;

- amplitude média, $R_{barra} = \text{soma das amplitudes móveis dividido por } n - 1;$
- Limite superior de controle = LSC = $D_4 * R_{barra};$
- Limite inferior de controle = LSC = $D_3 * R_{barra};$
- Linha central = soma de todos os valores X dividido pelo número de amostras, $n;$
- valores constantes: $D_4 = 3,267$ e $D_3 = 0;$
- $n = \text{número de amostras};$
- $R_{barra} = \text{média das amplitudes móveis};$
- $X_{barra} = \text{média dos valores individuais, } X;$
- $E_2 = 3 / d_2$ ($d_2 = 1,128 = \text{fator de correção}$)

Cálculo da carta de controle dos valores individuais $X:$

- média, $X_{barra} = \text{soma de todos os valores } X \text{ dividido pelo número de amostras, } n.$
- amplitude média, $R_{barra} = \text{soma das amplitudes móveis dividido por } n - 1.$
- Limite superior de controle = LSC = $X_{barra} + E_2 * R_{barra}$
- Limite inferior de controle = LSC = $X_{barra} - E_2 * R_{barra}$
- Linha central = soma de todos os valores X dividido pelo número de amostras, $n.$
- $E_2 = 3 / d_2$ ($d_2 = 1,128 = \text{fator de correção}$)

A figura 23 é um exemplo de carta de controle de valores individuais X.

Na coluna "semana" da tabela 5 são indicados os processos realizados em cada semana. Exemplo: na primeira semana foram realizados os processos: 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, na segunda semana foram realizados os processos: 2A, 2B, 2C, 2D, 2E e assim por diante.

Tabela 5 - Base para a carta de controle de julho

semana	Número	Dias	Mês de JULHO			
			amplitude móvel	LSC	LC	LIC
1A	1	79		81	65	49
1B	2	75	4	81	65	49
1C	3	71	4	81	65	49
1D	4	67	4	81	65	49
1E	5	64	3	81	65	49
2A	6	63	1	81	65	49
2B	7	70	7	81	65	49
2C	8	70	0	81	65	49
2D	9	66	4	81	65	49
2E	10	79	13	81	65	49
3A	11	63	16	81	65	49
3B	12	61	2	81	65	49
3C	13	69	8	81	65	49
3D	14	63	6	81	65	49
3E	15	45	18	81	65	49
4A	16	54	9	81	65	49
4B	17	59	5	81	65	49
4C	18	63	4	81	65	49
4D	19	60	3	81	65	49
4E	20	59	1	81	65	49
Valores médios:		65	5,9			

Legenda:

LSC = limite superior de controle

LIC = limite inferior de controle

LC = linha central

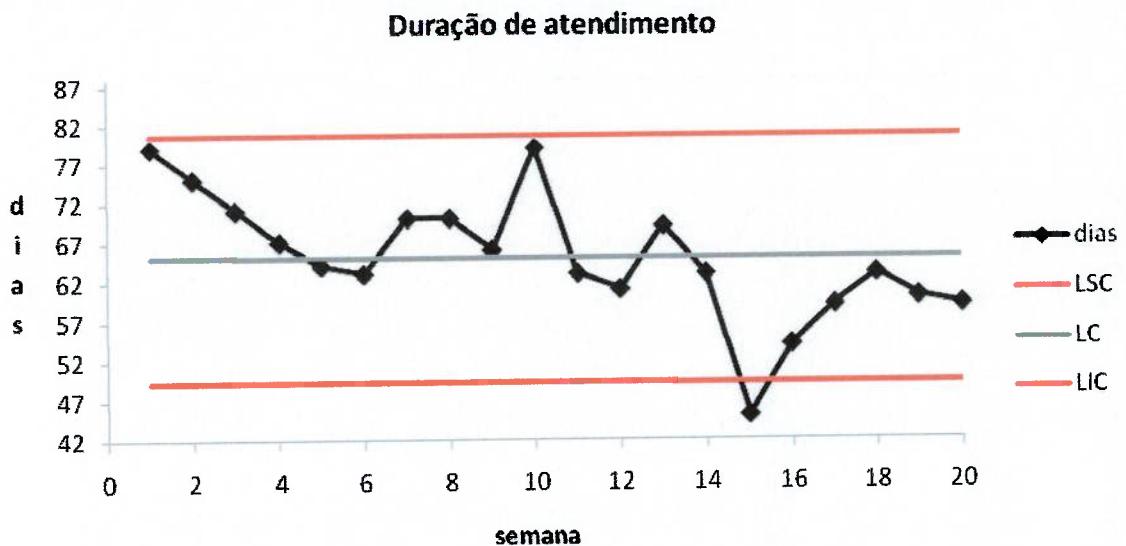
Com os dados obtidos pelas folhas de verificação, indicadores e diagrama de Ishikawa é possível conhecer os problemas existentes e destes quais são os mais frequentes. Após estas etapas é necessário realizar um estudo para saber como solucionar estes problemas, uma opção é a aplicação do plano de ação 5W 2H 1S.

Através de um conjunto de perguntas é possível traçar este planejamento.

- *What* - O quê: o que será feito, descrever as etapas;
- *Who* - Quem: quem irá realizar, definir responsáveis;
- *Why* - Por que: porque deverá ser realizado, justificar o motivo;
- *Where* - Onde: onde deverá ser executado;
- *When* - Quando: quando fazer, realizar um cronograma de tarefas, com os seus devidos responsáveis;
- *How* - Como: como fazer, qual será o método utilizado em cada tarefa;
- *How much* - Quanto: quanto vai custar;
- *Show* - Indicador: definir o melhor indicador para monitorar o processo.

Os planos de ação descritos na tabela 7 são baseados nas causas obtidas pelo diagrama de Ishikawa e a ordem de prioridade é de acordo com o diagrama de Pareto. O plano de ação 1, que incluem erros de formatação e ausência de espaço, são ações urgentes. O plano de ação 2 é referente a outras causas e pode ser realizado em segundo plano conforme mostrado na tabela 8.

Figura 23 - Duração de atendimento de julho



Na figura 23, carta de controle dos valores individuais, é possível observar que o gráfico está fora de controle, pois possui um ponto fora do limite inferior de controle, LIC e dois pontos muito próximos ao limite superior de controle, LSC.

Qualquer ponto que esteja fora dos limites de controle é derivado de causas especiais e precisa ser estudado. Neste caso, o LIC não é importante, foi traçado apenas para ilustrar uma carta de controle completa, pois a meta é diminuir o tempo de atendimento ao cliente. O ponto fora do LIC é um sinal que realmente é possível diminuir o tempo de atendimento ao cliente e neste caso foi necessário aumentar o número de horas extras para que ocorresse a entrega rápida dos relatórios.

No caso dos outros dois pontos que estão próximo ao LSC, o responsável pelas assinaturas de relatório estava sobrecarregado e tinha recebido uma quantidade de relatórios acima do "esperado", pois o laboratório fechou grandes contratos.

Estes pontos próximos dos LSC poderiam ter sido evitados se o laboratório estivesse melhor preparado para imprevistos. No caso de assinaturas de relatórios, o funcionário deveria ter sido avisado com antecedência sobre o aumento de volume

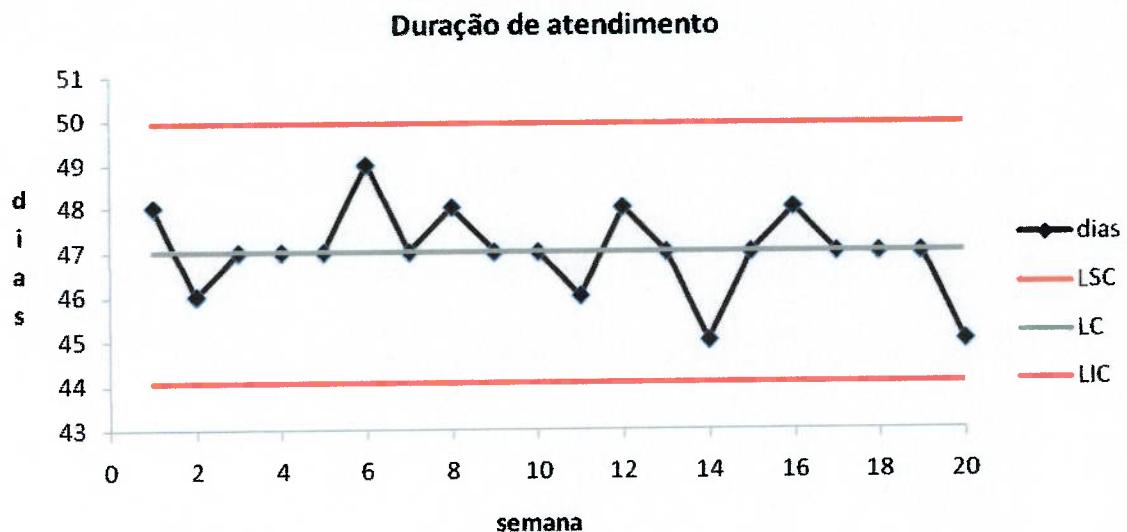
e transferido um auxiliar para revisar e assinar os relatórios. A falta de controle da qualidade e metas determinadas também são agravantes para a falta de controle indicada pela carta.

A figura 24 é outro exemplo de carta de controle de valores individuais X, mas após o tratamento dos problemas observados.

Tabela 6 - Base para a carta de controle de novembro

Mês de NOVEMBRO							
semana	Número	Dias	amplitude móvel	LSC	LC	LIC	
1A	1	48		50	47	44	
1B	2	46	2	50	47	44	
1C	3	47	1	50	47	44	
1D	4	47	0	50	47	44	
1E	5	47	0	50	47	44	
2A	6	49	2	50	47	44	
2B	7	47	2	50	47	44	
2C	8	48	1	50	47	44	
2D	9	47	1	50	47	44	
2E	10	47	0	50	47	44	
3A	11	46	1	50	47	44	
3B	12	48	2	50	47	44	
3C	13	47	1	50	47	44	
3D	14	45	2	50	47	44	
3E	15	47	2	50	47	44	
4A	16	48	1	50	47	44	
4B	17	47	1	50	47	44	
4C	18	47	0	50	47	44	
4D	19	47	0	50	47	44	
4E	20	45	2	50	47	44	
Valores médios:		47	1,1				

Figura 24 - Duração de atendimento de novembro



Na figura 24 é mostrado uma carta de controle em que não há evidência que o processo esteja fora de controle, todos os pontos se encontram dentro dos limites superior e inferior.

4.3.7.2 Plano de ação

Após a conclusão da análise de dados e com as causas mais importantes identificadas, pode ser iniciado um plano de ação. O plano de ação, com suas devidas metas, pode envolver a determinação de métodos preventivos para usar no controle de causas identificadas.

O plano de ação é uma ferramenta utilizada após a definição do problema ou melhoria a ser analisada. É utilizado para o planejamento formal da ação ou ações a serem tomadas para atingir uma meta ou um objetivo.

Tabela 7 - Plano de ação 1

Objetivo	diminuir os prazos de atendimento para 32 dias		
5W			
<i>What</i>	realizar os orçamentos em no máximo 1 dia útil	realizar os ensaios em no máximo 14 dias	otimização de espaço
<i>O quê</i>			
<i>Who</i>	líderes e área comercial	líderes e área técnica	Líderes
<i>Quem</i>			
<i>Why</i>	competitividade com o mercado	competitividade com o mercado	melhor utilização do espaço, já existente, para a realização de ensaios e outras áreas
<i>Por que</i>			
<i>Where</i>	área comercial	área técnica	no laboratório
<i>Onde</i>			
<i>When</i>	em um mês a partir da data deste plano	em um mês a partir da data deste plano	em um mês a partir da data deste plano
<i>Quando</i>			
2H			
<i>How</i>	- líderes realizarão treinamento com a área comercial, a padronização dos processos, tabela de preços e fácil acesso às ferramentas padrões; - área comercial irá se comprometer a realizar os processos nos prazos.	- líderes realizarão treinamento com a área técnica e a padronização dos processos, otimização de espaço, padronização de métodos; - área técnica irá se comprometer a realizar os processos nos prazos.	- líderes irão realizar uma reunião geral para coletar sugestões; - líderes irão redimensionar os espaços; - separação de áreas exclusivas para o setor comercial, administrativo e ensaios que emitem ruídos.
<i>Como</i>			
<i>How much</i>	R\$ 700,00	R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00
<i>Quanto</i>			
1S			
<i>Show</i>	dias atendimento x semana	dias atendimento x semana	dias de atraso devido a espaço x semana
<i>Indicador</i>			

Tabela 8 - Plano de ação 2

Objetivo	diminuir os prazos de atendimento para 32 dias		
5W			
What O quê	fila de espera de no máximo 15 dias corridos	realizar as revisões em no máximo 2 dias úteis	divulgar a programação de manutenção e calibração dos equipamentos de medição
Who Quem	líderes, áreas administrativa e comercial	líderes, áreas técnicas e administrativa	líderes, área administrativa e técnica
Why Por que	competitividade com o mercado	competitividade com o mercado	evitar atrasos gerais
Where Onde	áreas administrativa e comercial	áreas administrativa e técnica	no laboratório
When Quando	em um mês a partir da data deste plano	em um mês a partir da data deste plano	em um mês a partir da data deste plano
2H	<ul style="list-style-type: none"> - líderes realizarão treinamento com as áreas administrativa e comercial e realizarão a padronização dos processos, otimização e identificação de espaços, autonomia do processo; - áreas administrativa e comercial irão se comprometer a realizar os processos nos prazos. 		
How Como	<ul style="list-style-type: none"> - líderes realizarão treinamento com as áreas técnicas, administrativa e realizarão a padronização dos processos; - áreas técnicas, administrativa irão se comprometer a realizar os processos nos prazos. 		
How much Quanto	R\$ 1.400,00	R\$ 1.400,00	R\$ 1.400,00
1S			
Show Indicador	dias atendimento x semana	dias atendimento x semana	dias de atraso devido a equipamentos x semana

4.3.7.3 Implementação no processo

Após a aplicação das ferramentas, com a identificação e análise dos problemas e traçados os planos de ação, deve ser aplicado o plano no processo analisado.

4.3.7.4 Verificação e análise

É necessário realizar um monitoramento para observar se foram atingidas as metas conforme coletados os dados após aplicação das ferramentas. Se não forem atingidas as metas devem ser aplicadas novamente as ferramentas, conforme descrito nos itens anteriores.

Deve ser monitorado se o que tinha sido planejado realmente foi aplicado, se foi aplicado corretamente e se ocorreram resultados de melhoria ou correção do problema. Ao não atingir as metas ou ao atingir as metas é necessário realizar um novo estudo para as novas ações para corrigir os problemas ou realizar uma melhoria contínua, respectivamente.

No caso do laboratório, quando observado reincidência de não conformidade, pode ser aplicado um indicador de reincidência de não conformidade, para detecção deste tipo de problema.

4.3.7.5 Manutenção no processo

Para que a aplicação das ferramentas ajudem e corrijam o processo é necessário que todos tenham consciência da importância da aplicação da qualidade, e pratiquem constantemente. Por isso é importante a divulgação dos resultados para todos e sempre realizar um processo de motivação e treinamento da equipe.

Mesmo que todos os problemas sejam resolvidos é importante a repetição da aplicação das ferramentas com o mesmo processo como forma de melhoria, assim como a aplicação das ferramentas em todos os processos novos.

5 CONCLUSÃO

Após a aplicação de um ciclo inteiro, é possível observar com mais facilidade outros problemas que antes não estavam totalmente claros. Mesmo que todos os problemas tenham sido solucionados é necessária a busca pela melhoria contínua, sempre procurando diminuir as chances de erros, garantir a qualidade do serviço, otimizar tempo e espaço e realizar uma melhoria contínua.

Analizando a aplicação das ferramentas pode ser verificado a identificação de vários erros sistemáticos. Como por exemplo: máscaras utilizadas incorretamente e otimização de espaço. Estes tipos de problemas devem ser corrigidos pontualmente por treinamento dos envolvidos e revisão da sistemática.

Este trabalho sugere a aplicação das sete ferramentas da qualidade, considerando o fluxograma da figura 13. Esta é uma dentre várias maneiras de serem aplicadas as ferramentas. Outros métodos, como o PDCA podem também ser aplicados. É necessário verificar qual método é o mais adequado à organização.

Como não foi possível realizar na prática a aplicação do método descrito, este pode ser um passo a ser realizado em trabalhos futuros. Este método pode ser simplificado pelo PDCA.

Por fim, é importante ressaltar um sistema da qualidade bem desenvolvido, não apenas em laboratórios de ensaios de segurança, mas em qualquer organização, pois assim as empresas podem garantir maior qualidade em entrega de produtos ou serviços e atendimento aos seus clientes e consequentemente se tornam mais competitivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, J. R. B.; JÚNIOR, M. B. S.; NETO, P. J. R.; **Uso de controle estatístico de processo (CEP) para validação de processo de glibenclamida comprimidos**, Rio de Janeiro, vol. 85 (3), 2004, 128 p.

BEHER, A.; MORO, E. L. S.; ESTABEL, L. B.; **Gestão da biblioteca escolar: metodologias, enfoques e aplicação de ferramentas de gestão e serviços de biblioteca**, Brasília, maio/agosto 2008, 42 p.

COLETI, J.; BONDUELLE, G. M.; IWAKIRI, S.; **Avaliação de defeitos no processo de fabricação de lamelas para pisos de madeira engenheirados com uso de ferramentas de controle de qualidade**, Paraná, 2010, 140 p.

DAHLGAARD, J.J.; KRISTENSEN, K.; KANJI, G. K.; **Fundamentals of total quality management**, London and New York, 2002, 357 p.

INMETRO; **Portaria nº 371, de 29 de dezembro de 2009**; Rio de Janeiro, dezembro, 2009 a, 28 p.

INMETRO; **Orientações Gerais sobre a Portaria Inmetro/MDIC 371 de 29/12/2009 Requisitos de Avaliação da Conformidade para Segurança de Aparelhos Eletrodomésticos e Similares**, Rio de Janeiro, dezembro, 2009 b, 9 p.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, **IEC Webstore**, 2014 a, Disponível em <<http://webstore.iec.ch/?ref=menu>> Acesso em: 09 Maio 2014

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION; **IEC 60335-1 Household and similar electrical appliances – Safety – Part 1: General requirements**, Switzerland, Edition 5.0, 2010 b, 148 p.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION; **IEC/ISO 17025 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories**, Switzerland, Edition 5.0, 2005 c, 27 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO 8258:1991: Shewhart control charts**, 1991, 29 p.

LINS, BERNARDO F.E; **Ferramentas básicas da qualidade**, Brasilia, maio/agosto, 1993, 9 p.

NAGHETTINI M.; PINTO, E. J. A.; **Hidrologia estatística**, Capítulo 9 Correlação e regressão, Belo Horizonte, agosto, 2007, 600 p.

NAIDU N. V. R.; BABU K. M.; RAJENDRA G.; **Total Quality Management**, New Delphi, 2006, 267 p.

OLIVEIRA, C. C.; GRANATO, D., CARUSO; M. S. F.; SAKUMA, A. M.; **Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processos de medição quantitativos em laboratórios de ensaio**, São Paulo, 1^a edição, 2013, 76 p.

OMACHONU, V. K.; ROSS, J. E.; **Principles of total quality**, Boca Raton, 3^a edição, 2005, 493 p.

ROSE K. H.; **Project quality management: Why, What and How**, Florida, 2005, 173 p.

SEBRAE, **Manual de ferramentas da qualidade**, São Paulo, 2005, 28 p.

SELNER, CLAUDIO MIR; **Análise de requisitos para sistemas de informações, utilizando as ferramentas da qualidade e processos de software**, Florianópolis, agosto, 1999, 156 p.

SILVEIRA, CRISTIANO BERTULUCCI; **Histograma**. 2013. Disponível em <<http://www.citisystems.com.br/histograma/>> Acesso em: 09 Maio 2014

WANDERSON, PARIS; **Gestão estratégica da qualidade, ferramentas da qualidade**, Curitiba, novembro, 2005, 42 p.