

N. CLASS. M 658.562
CUTTER 57631
ANO/EDIÇÃO 2015

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS
ENGENHARIA MECÂNICA
HERIVELTON MOREIRA SALES

**IMPLANTAÇÃO DO SEIS SIGMA CONSIDERANDO A FERRAMENTA DE APOIO
DMAIC**

Varginha
2015

HERIVELTON MOREIRA SALES

**IMPLANTAÇÃO DO SEIS SIGMA CONSIDERANDO A FERRAMENTA DE APOIO
DMAIC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do centro Universitário do Sul de Minas – UNIS, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Esp. Marco Antonio Araújo.

Varginha

2015

HERIVELTON MOREIRA SALES

**IMPLANTAÇÃO DO SEIS SIGMA CONSIDERANDO A FERRAMENTA DE APOIO
DMAIC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em ____/____/____

Prof. André Pacifico de Souza

Prof. Bruno Lucinda

Prof. Thiago Cornélio da Fonseca

OBS.:

Dedico este trabalho primeiramente a Deus. A minha família, principalmente minha mulher e filhas, pela paciência e pelo apoio em toda esta caminhada. Finalmente aos meus colegas de sala, colegas de trabalho e professores. E não poderia esquecer de minha sogra.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, à minha família, aos colegas de sala de aula. E as mulheres da minha vida (Líllian, Maria Eduarda e Helena).

“Sonhos determinam o que você quer. Ação
determina o que você conquista”.

Aldo Nova

RESUMO

Desenvolvido e implantado em meados de 1980 pela Motorola, esta metodologia destina-se na melhoria da qualidade nos serviços e na produção. Largamente aplicada pela indústria e que teve um grande impacto no que diz respeito à qualidade na produção. Seis Sigma tem em seu principal objetivo reduzir os desperdícios e secar os processos produtivos. Este trabalho apresenta o resultado de pesquisas bibliográficas. Com o objetivo de apresentar o Seis Sigma, mostrando através de ferramentas que ajudem no planejamento e instalação deste conceito para estimular o desenvolvimento das indústrias, aumentando a competitividade e reduzindo os custos através da melhoria da qualidade.

Palavras-chave: DMAIC: Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar.

ABSTRACT

Developed and implemented in mid- 1980 by Motorola, this methodology is aimed at improving the quality of services and production. Widely applied by the industry and had a great impact in terms of production quality. Six Sigma has in its main objective of reducing waste and drying processes. This paper presents the results of literature searches. In order to introduce Six Sigma, showing through tools that help in planning and installing this concept to stimulate the development of industry, increasing competitiveness and reducing costs by improving quality.

Keywords: DMAIC: Define, Measure, Analyze, Implement and Control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Demonstração da etapa definir e algumas ferramentas	188
Figura 2- Aplicação do SIPOC	20
Figura 3 - Exemplo de aplicação do VOC.....	21
Figura 4- Demonstração da etapa Medir e algumas ferramentas.	22
Figura 5- Exemplo de afunilamento.	23
Figura 6- Exemplo do plano de coleta de dados.....	24
Figura 7- Exemplo de aplicação do R&R.....	25
Figura 8- Exemplo de apresentação dos dados.....	26
Figura 9- Exemplo de demonstração de tendência do processo.....	27
Figura 10- Exemplo de análise do processo.	27
Figura 11- Exemplo de Causa Especial e Causa Comum	29
Figura 12- Demonstração gráfica do Seis Sigma em relação as especificações do cliente..	29
Figura 13- Demonstração gráfica dos Sigmas de acordo com o PPM.	30
Figura 14- Exemplo das ferramentas que podem ser utilizadas nesta etapa.	31
Figura 15- Exemplo do processo DOE.....	32
Figura 16- Demonstração de controle e padronização.	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Definição de qualidade	13
2.2 Metodologia Seis Sigma	14
2.3 Definição de DMAIC	14
2.4 Soluções que asseguram o desempenho Seis Sigma	14
2.5 Expectativa da estratégia do Seis Sigma	14
3 A HISTÓRIA DOS SEIS SIGMA	16
3.1 Engenharia da Qualidade	16
4 A METODOLOGIA SEIS SIGMA	18
4.1 Etapa Definir	18
4.1.1 O projeto	19
4.1.2 O SIPOC	20
4.1.3 A Voz do Cliente (VOC)	21
4.2 A Etapa Medir	22
4.2.1 Afunilamento	23
4.2.2 Plano de coleta de Dados	24
4.2.3 R&R	25
4.2.4 Apresentação dos Dados	25
4.2.4.1 Variação de causa comum	28
4.2.4.2 Variação de causa especial	28
4.2.5 Capacidade do processo	29
4.3 A Etapa Analisar	30
4.3.1 DOE – Introdução ao Projeto de Experimentos	31
4.4 A Etapa Implementar	32
4.5 A Etapa Controlar	33
5 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	36
ANEXO I	38
ANEXO II	39
ANEXO III	40
ANEXO IV	41
ANEXO V	42

1 INTRODUÇÃO

O assunto da pesquisa foi escolhido devido à grande interação nos conceitos abordado em sala de aula com os conhecimentos obtidos nos estágios e práticas realizadas em fabrica, e por se tratar de uma ferramenta de melhoria continua, aonde a maioria das empresas atualmente buscam no mercado.

A pesquisa realizada trás o conceito da metodologia Seis Sigma com foco na ferramenta DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar) e suas subferramentas, com o objetivo principal de mostrar o real significado de cada etapa.

Em algumas etapas demonstra-se, além do conceito, alguns exemplos gráficos que podem ser utilizados em uma futura pesquisa em campo ou aplicação da ferramenta.

Segundo Harry (2000), Seis Sigma é primariamente uma iniciativa de negócios, e não apenas um programa de qualidade. O maior propósito é a redução do risco do negócio mais do que a simples ideia de redução de defeitos. Focando as fontes de risco comumente associadas com as operações ou processos internos, o risco de falhas que os clientes estarão expostos quando adquirem um produto ou serviço serão minimizados. Ao mesmo tempo, os fornecedores destes produtos ou serviços se beneficiam da redução dos riscos de falhas das suas operações e processos. Concluindo, ambos, clientes e fabricantes reconhecem as vantagens de adotar a metodologia Seis Sigma. Em outras palavras, quando a metodologia Seis Sigma é aplicada para reduzir os riscos de falhas, aumenta-se a confiança de atingir o desempenho da qualidade de classe mundial em tudo que se produz ou se processa. Assim como o desempenho é melhorado, qualidade, capacidade, tempo de ciclo, nível de estoque e outros fatores também são melhorados num ciclo virtuoso: todos ganham.

Muitos profissionais da qualidade veem reduzindo o poder e o potencial da metodologia Seis Sigma devido ao desinteresse em se aprofundarem neste assunto. É necessário perceber que esta ferramenta está mais alinhada com a linguagem de negócios, como risco, tempo de ciclo ou custo, do que com a linguagem de qualidade como defeito ou erro. À medida que estes profissionais da qualidade vão se aprofundando no conhecimento estratégico do Seis Sigma, o convencional dará lugar para a inovação. E inovação conduzirá ao sucesso do negócio. A insistência em tentar que os executivos pensem em termos de defeitos e falem a linguagem da qualidade é ultrapassada. Agora é a hora do mundo da qualidade começar a pensar em termos de risco do negócio e falar a linguagem de negócios. Quando isso acontecer, os líderes executivos darão o devido valor aos profissionais da qualidade, os quais detêm o conhecimento técnico da metodologia.

Seis Sigma possui parâmetros claros de comparação e posicionamento de uma empresa em relação aos seus competidores: este parâmetro é o nível sigma. Muitas vezes, as empresas acreditam que reduzindo em 10% ou 20% seu nível de perdas seria o suficiente para competir com vantagens no mercado atual. Porém, o que diferencia as empresas com alta performance muitas vezes é um fator de 100 ou até mais de 1000 vezes melhor. Medindo o nível sigma, descobre-se o tamanho da oportunidade que se tem e até que ponto isso é possível de maneira econômica. A maioria das melhores empresas estão localizadas abaixo de 4 no padrão sigma.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A pesquisa demonstra os conceitos da metodologia Seis Sigma que é fortemente utilizado por empresas que buscam excelência operacional e redução da variabilidade de processos, hoje uma das principais ferramentas da qualidade.

2.1 Qualidade

Atualmente qualidade é a maior expectativa do cliente quando contrata um serviço ou compra um produto, porém para se ter um produto de qualidade é necessário pagar por isso, mas atualmente os clientes procuram produtos de alta qualidade pelo menor preço, sendo assim a competitividade é alta, onde a busca pela qualidade e melhoria aumentam.

Segundo Kai Yang e Basem El-Haik (2008, p.1) diz que:

Quando a palavra qualidade é usada, em geral pensamos em um produto ou serviço excelente que atende ou excede nossas expectativas. Estas expectativas baseiam-se no uso pretendido e no preço de venda. Por exemplo, o desempenho que um cliente espera de um hotel de estrada difere daquele de um hotel cinco estrelas, porque os preços e o nível dos serviços esperados são diferentes. Quando um produto ou serviço excede as nossas expectativas, consideramos a sua qualidade como sendo boa.

2.2 Metodologia Seis Sigma

A busca pela melhoria continua pelas empresas é intensa e a ferramenta Seis Sigma se mostra uma ótima solução para quem busca qualidade nos seus produtos e serviços.

Cristina Werkema (2011, p. 11) diz que:

O Seis Sigma é uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que tem como objetivo aumentar drasticamente a lucratividade das empresas, por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos e do aumento da satisfação de clientes e consumidores.

2.3 DMAIC

O DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar) é o fluxo que deve ser seguido pela empresa e se resume na definição do problema, na análise de desempenho, na verificação de onde o problema se inicia, na melhora da situação e no controle do novo processo que tem como finalidade confirmar se o problema foi corrigido. Segundo Rodrigues (2014, p. 19):

A melhoria com base na Metodologia Seis Sigma tem como objetivo agregar valores ao processo ou produto para o atendimento, satisfação do cliente e a redução dos custos do processo. O rigor e a disciplina da metodologia são concretizados por meio de projetos Seis Sigma que utilizam ferramentas, técnicas e análise estatística para medir e melhorar a desempenho organizacional.

2.4 Soluções que asseguram o desempenho seis sigma

Tudo que é feito ou produzido é necessário seguir uma norma ou requisito, por isso a importância de seguir corretamente o fluxo do Seis Sigma. Para Andrietta e Miguel (2002, p. 4):

Existem alguns conceitos que, se bem compreendidos e aplicados, asseguram o desempenho Seis Sigma. O primeiro é compreender os Controls Technicals Quality (CTQ's) do cliente, ou seja, os requisitos críticos para a qualidade, que são os requisitos de desempenho definidos pelo cliente para um produto ou serviço. Um CTQ pode ser um atributo ou um processo articulado pelo cliente, e é fundamental para o sucesso de um produto ou serviço. Os CTQs devem ser estabelecidos pelo cliente e ter como características ser mensurável e possuir a especificação com tolerância permissível. O segundo conceito que assegura o desempenho Seis Sigma é a utilização da metodologia do processo de melhoria, mais conhecida como DMAIC, que significa: definir, medir, analisar, melhorar e controlar.

2.5 Expectativa da estratégia do Seis Sigma

A maioria das empresas criam grandes expectativas quando aplicam o Seis Sigma, porém sem analisar corretamente o projeto correto e sem o suporte necessário da diretoria. O

Seis Sigma é uma ótima ferramenta porem tem deve ser acompanhada de perto e com os devidos apoios e disciplina da equipe.

De acordo com Carvalho e Rotondaro (2014, p. 131):

Uma questão central nos programas Seis Sigma é a definição dos projetos que receberam aporte da organização. O processo de seleção deve assegurar a alocação ideal dos recursos em projetos prioritários, alinhados à estratégia das empresas, com impacto não só na melhoria da eficiência, mas sobretudo na eficácia da empresa, garantindo-lhe a obtenção de vantagens competitiva.

3 A HISTÓRIA DO SEIS SIGMA

Segundo Matt Barney (2002), a Motorola inventou o Seis Sigma, sobre o qual temos aprendido muito nos últimos 15 anos. Durante esse tempo, o Seis Sigma evoluiu de suas raízes, como medida de qualidade, para uma metodologia de melhoria geral. Em 1986, Bill Smith, engenheiro e cientista da Divisão de Comunicações da Motorola, introduziu o conceito do Seis Sigma como resposta às crescentes reclamações sobre pedidos de garantia provenientes do setor de vendas. Esse foi um método para padronizar a forma de se contar defeitos, sendo o Seis Sigma um nível próximo da perfeição. Smith elaborou as estatísticas e fórmulas originais que foram o início da metodologia Seis Sigma da Motorola. Ele levou suas ideias ao CEO Bob Galvin, que ficou impressionado com sua paixão e reconheceu o método como sendo essencial para se abordar as questões referentes à qualidade e controle do processo.

Dentro das expectativas do cliente ou até superior o Seis Sigma se tornou ponto central para estratégia de entrega de produtos. Seguindo uma metodologia comum (medir, analisar, melhorar e controlar), a Motorola iniciou sua jornada de documentação dos processos-chaves, alinhamento dos processos com os principais requisitos dos clientes e instalação de sistemas de medição e análise para melhorar continuamente o processo. Como resultado, em 1988, a Motorola se tornou a primeira empresa a ganhar o Prêmio Nacional da Qualidade Malcolm Baldrige. Em 1990, a Motorola - juntamente com empresas como IBM, Texas Instruments e Xerox - criou o conceito de *black belts* (BBs), que seriam especialistas na aplicação de métodos estatísticos. Mais tarde, a AlliedSignal (agora Honeywell International Inc.) e a General Electric Co. aplicaram com sucesso e popularizaram a metodologia Seis Sigma da Motorola como parte do desenvolvimento da liderança.

3.1 Engenharia da Qualidade

Segundo Kai Yang e Basem El-Haik (2008), a lucratividade é um dos fatores mais importantes para o sucesso de uma empresa de negócios. A alta lucratividade de uma empresa é determinada por meio de vendas e de um custo total baixo em sua operação global. Vendas bem-sucedidas são determinadas principalmente por alta qualidade e preço razoável; como resultado, melhorar a qualidade e reduzir o custo estão entre as tarefas mais importantes de qualquer empresa. O Seis Sigma é uma nova onda de iniciativa para excelência de empresas,

que efetivamente melhora a qualidade e reduz os custos, e daí o fato de ter recebido muita atenção no mundo dos negócios. Entretanto, a qualidade é um conceito mais intrigante do que apresenta ser. Para a melhoria da qualidade é muito importante entender exatamente “o que é qualidade” e o que ela pode trazer de positivo para empresa.

Qualidade é definida como a razão entre o desempenho e a expectativa. O desempenho é determinado por quão bem um produto ou serviço pode prover um bom conjunto de funções que alcançarão a máxima satisfação do cliente, e quão bem o produto/serviço pode prover sua função consistentemente. A expectativa do cliente é influenciada pelo preço, pelo tempo para comercialização e por muitos outros fatores psicológicos.

O Seis Sigma estende a abrangência da qualidade, indo da qualidade apenas do produto até a qualidade de todos os aspectos da operação do negócio. Portanto, a estratégia “fazer as coisas certas, e fazer certo as coisas o tempo todo” é aplicada a todos os aspectos da operação do negócio. A abordagem Seis Sigma é a abordagem para a excelência no negócio.

4 A METODOLOGIA SEIS SIGMA

Segundo Werkema (2012), um dos elementos da infraestrutura do Seis Sigma é a constituição de equipes para executar projetos que contribuam fortemente para o alcance das metas estratégicas da empresa. O desenvolvimento desses projetos é realizado com base em um método denominado DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar).

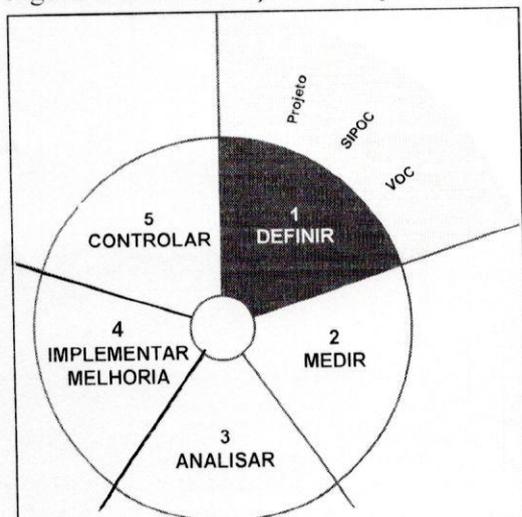
O método DMAIC é constituído por cinco etapas:

- **Definir:** Definir com precisão o escopo do projeto.
- **Medir:** Determinar a localização ou foco do problema.
- **Analisar:** Determinar as causas de cada problema prioritário.
- **Implementar:** Propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário.
- **Controlar:** Garantir que o alcance da meta seja mantida a longo prazo.

4.1 Etapa Definir

Segundo Rath Strong (2001), esta etapa é uma das mais importantes, pois, nela será edificada a base do Seis Sigma, bem como o caminho a ser seguido. Nesta etapa é necessário um alto nível de maturidade do condutor e também bastante realismo quanto ao projeto, pois, não há truques para que o Seis Sigma funcione. Dentro desta fase várias ferramentas podem ser aplicadas para estruturar a condução do projeto, estas ferramentas podem ser observadas na Figura 1.

Figura 1: Demonstração da Etapa Definir e algumas ferramentas



Fonte: Do autor

4.1.1 O projeto

Segundo Rath Strong (2001), a seleção do projeto deve ser feita de forma estudada e lembrando que quando surgir determinado problema cuja solução não cabe à aplicação do Seis Sigma, como por exemplo, um componente é comprado no exterior com um preço bem mais elevado do que o produzido no mercado nacional, neste caso a ação já existe e é bem clara, nacionalizar o componente. Esta ação não pode ser considerada Seis Sigma, pois, uma vez que o início do projeto seria através de uma ação formada e o Seis Sigma deve ser utilizado quando se tem situações desconhecidas e que necessitam de melhorias. Cabe ao condutor do Seis Sigma escolher o projeto de forma a promover impacto em questões chave do negócio. Sendo importante escolher projetos que impactarão em:

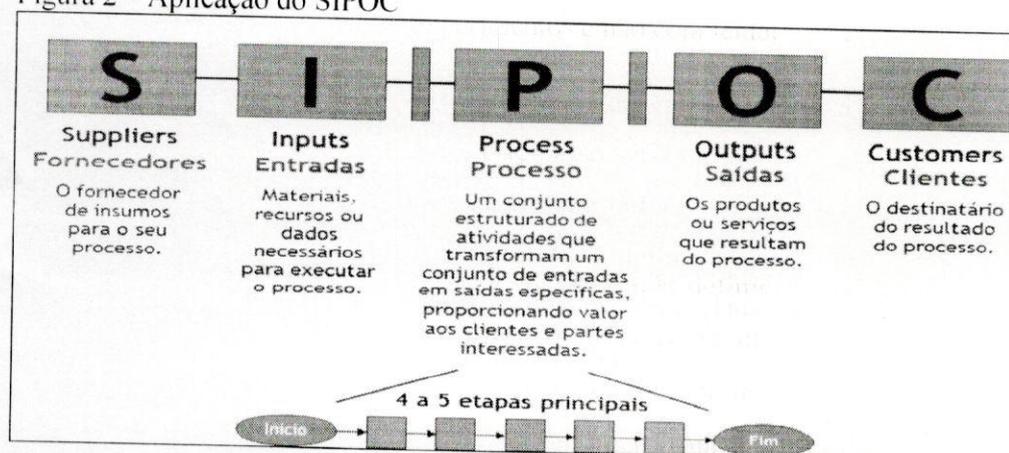
- Objetivos do EPDP;
- *Balanced Scorecard* da área;
- Indicadores de PPM (interno, externo “clientes”, fornecedores etc.)
- Contas de Despesas, etc.
- Redução do índice de reclamação de campo;
- Potencial campanha de troca;
- Redução do tempo de ciclo;
- Redução do índice de retrabalho de produtos;
- Eliminação de operação de Inspeção 100%;
- Redução do índice de refugos;
- Projeto de novos modelos de produtos
- Projeto de sistema para detecção e tratamento de anomalias em linhas de produção;
- Aumento de uptime;
- Redução de inventário.
- Eliminar a ocorrência de diferenças entre o valor negociado com o cliente e o valor da NF emitida;
- Reduzir em 50% o volume total de produtos não faturados por incapacidade de atendimento aos pedidos;
- Reduzir 50% dos custos envolvidos na logística da importação marítima;
- Obter crescimento de *market-share* do produto XPTO no segmento XY;
- Reduzir tempo de cotação de produtos da linha ABC.

- Após a definição do Impacto do projeto devemos partir para o próximo passo dentro ainda da definição do projeto, este passo seria definir o escopo do projeto, ou seja, o que está dentro do seu projeto? E o que está fora?
- A próxima etapa dentro do Projeto seria definir a equipe de trabalho. Esta deve ser multifuncional, lembrando que quanto mais mesclada for melhor será para definição de melhorias, quanto mais pontos de vista diferentes a equipe tiver melhor será para os estudos das melhorias.
- É preciso também verificar os recursos que estão disponíveis para serem utilizados no projeto, ou os recursos que serão necessários para a realização de um projeto, lembrando que o Seis Sigma é uma ferramenta de promover melhoria a baixo custo, isto porque trabalha com experimentos e não com tentativa e erros.

4.1.2 O SIPOC

Segundo Rath Strong (2001), O SIPOC ajuda definir o projeto como um processo, ficando mais fácil a evolução do projeto, definindo as entradas, o processamento e as saídas do projeto. Esta ferramenta pode ser aplicada a todo o tipo de trabalho, seja ele repetitivo por natureza ou “único em sua espécie”. Esta ferramenta ainda ajudará a definir onde obter os dados do projeto, conforme exhibe a Figura 2.

Figura 2 – Aplicação do SIPOC



Fonte: Advance Consultoria (2014).

Algumas considerações são importantes para o sucesso desta ferramenta, tais como:

- Obtenha medidas de rendimento para cada passo do processo.
- Calcule o ritmo de rendimento para estabelecer uma linha de referência para todo o processo.
- Revise seu escopo de projeto.
- Diferenças significativas no rendimento sugerem a criação de um novo mapa para o sub-processo.

4.1.3 A Voz do Cliente (VOC)

Segundo Rath Strong (2001), esta etapa demonstra as vontades dos clientes, bem como os seus desejos e necessidades. Portanto é necessário ter bem definido quem são os clientes além de saber que cada tipo de cliente tem seu tipo de desejo, necessidades etc. E cada um possui seu jeito de expressar este desejo, que geralmente é expresso pela maneira a qual ele está sentindo esse desejo, ou seja, nem sempre ele irá expressar seu desejo de forma Técnica, como por exemplo: O diferencial deste carro está com um ruído devido ao atrito dos anéis. Certamente ele irá dizer: Este carro está com barulho.

Caberá ao time condutor do Seis Sigma absorver esta informação e transformar em dados técnicos para serem utilizados pelo projeto. A seguir temos um exemplo prático mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Exemplo de aplicação do VOC.

VOC				
	COMENTÁRIO DO CLIENTE	NECESSIDADE DO CLIENTE	EXIGÊNCIA DO CLIENTE	MEDIDA
caso 1	"O carro de vocês demora demais para pegar" (maneira que ele sente)	O motor pegar mais rápido	O tempo de partida é menor que 3 segundos	Tempo de virar a chave até sair da inércia (em segundos).
caso 2	"Será que vocês tem mais do que apenas uma pessoa atendendo telefones aí?"	Chamados atendidos imediatamente	Todos os chamados atendidos antes de completar o 3º toque	Tempo do 1º toque até a saudação.

Fonte: Do autor.

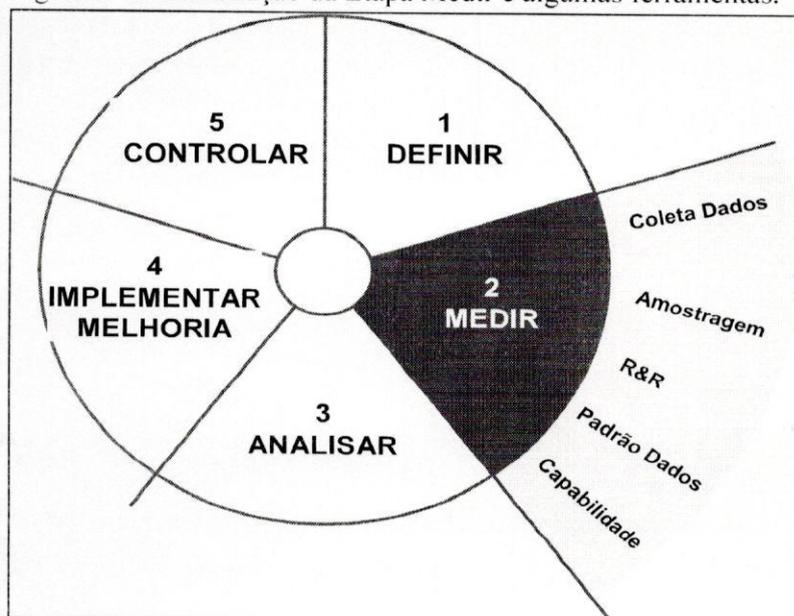
De acordo com o anexo I mostra o passo a passo da Etapa Definir.

4.2 A etapa Medir

Segundo Rath Strong (2001), esta etapa demonstra exatamente o processo como deve ser possibilitando quantificar quão bom ou ruim é o processo. Também nesta fase é que são decididos quais são as medidas críticas do processo, podendo verificar se o processo é estável e o quão ele é capaz, podendo assim quantificar o que é o defeito e focar mais o projeto no verdadeiro problema. A seguir temos uma figura que mapeia esta fase bem como as etapas dentro dela a serem seguidas. A meta ao Medir é apontar o local ou fonte de problemas, o mais precisamente que você puder, através da elaboração de um entendimento factual das condições existentes de processo e problemas. Esse conhecimento ajudará você a reduzir o espectro de causas potenciais que precisará investigar e verificar na Análise.

No projeto Seis Sigma, uma parte importante do Medir é estabelecer uma base de referência do nível de capacidade do processo, exibido na Figura 4.

Figura 4- Demonstração da Etapa Medir e algumas ferramentas.



Fonte: Do autor.

Segundo Rath Strong (2001), o melhor lugar para começar a identificar possíveis medidas é ancorando possíveis medidas ao mapa de processo. Para entender como o processo está atendendo as exigências dos clientes, precisamos medir as saídas (outputs). Para entender como o desempenho do processo pode ser melhorado, precisamos coletar as entradas (inputs) e processar medidas.

A maioria das pessoas está acostumada a ver medidas de Resultados - dados que são obtidos no output do processo. Todavia, quando você for coletar dados de Resultados, verá que será tarde demais para corrigir o processo. Uma estratégia de melhoria mais eficaz é medir as características de processo tomadas enquanto o processo está operando. Medidas de processo dão a você uma resposta em tempo real sobre como o processo está operando, e permitem que você detecte problemas com maior antecedência.

4.2.1 Afunilamento

Segundo Rath Strong (2001), a princípio poderão surgir dúvidas, de o que realmente se deve medir no projeto? Quais são as medidas críticas? Estas medidas devem ser definidas com base no CTQ's ou SIPOC. Um método de definir quais medidas adotar como crítica ao processo seria o Afunilamento de dados, que com esta ferramenta permite determinar as "poucas" medidas críticas que o processo possui, conforme é exibido na Figura 5.

Figura 5- Exemplo de afunilamento.



Fonte: Road Map Rath & Strong, 2001.

Esta ferramenta determinará o impacto de cada medida do processo, para definir este impacto deve-se levar em consideração as notas atingidas no FMEA, também caberá ao time multifuncional, através da experiência do dia a dia, definir quais medidas influenciam na variação que está em questão no projeto.

4.2.2 Plano de coleta de Dados

Segundo Rath Strong (2001), após a definição das medidas críticas do processo, deve-se realizar um plano de coleta de dados, ou seja, uma ordem lógica a qual as coletas de dados deverão seguir. Bem como os instrumentos necessários para esta coleta, quando deverá ocorrer a coleta, conforme demonstrado na Figura 6.

Figura 6- Exemplo do plano de coleta de dados.

Plano de Coleta de Dados

Plano de Coleta de Dados					
<i>Que perguntas você quer responder?</i>					
Data		Procedimento e Definição Operacional			
Que	Tipo de Medida/ Tipo de Dado	Como foi medido	Condições relativas	Notas de Amostras	Como/ onde
Como você irá assegurar consistência e estabilidade?		Qual é seu plano para iniciar a coleta de dados? Como exibirá os dados?			

Fonte: Road Map Rath & Strong, 2001.

4.2.3 R&R

Segundo Rath Strong (2001), para se ter dados confiáveis é necessário validar o processo de medição utilizado. Sistemas de medições não validados podem induzir a dados não reais, e levar a ações desnecessárias no processo em estudo, exemplo exibido na Figura 7.

Figura 7- Exemplo de aplicação do R&R.

R&R						
Col N°	1	2	3	4	5	6
Inspetor	A			B		
Sample #	1ª Tent.	2ªTent.	Difer.	1ªTent.	2ªTent.	Difer.
1	2.0	1.0	1.0	1.5	1.5	0.0
2	2.0	3.0	1.0	2.5	2.5	0.0
3	1.5	1.0	0.5	2.0	1.5	0.5
4	3.0	3.0	0.0	2.0	2.5	0.5
5	2.0	1.5	0.5	1.5	0.5	1.0
Totais	10.5	9.5	3.0	9.5	8.5	2.0
Médias	2.1	1.9	0.6	1.9	1.7	0.4
	Soma	4.0	◀	Soma	3.6	◀
	\bar{x}_A	2.0	R_A	\bar{x}_B	1.8	R_B

Fonte: Road Map Rath & Strong, 2001.

4.2.4 Apresentação dos Dados

Segundo Rath Strong (2001), depois de identificadas as medidas críticas que ajudarão a obter uma compreensão melhor do processo, é preciso certificar de que foram reunidas as informações suficientes sobre as variáveis críticas do processo. Pensar em estratificação é algo especialmente importante quando novos dados são coletados, uma vez que é necessário evitar voltar e coletar dados novamente, conforme exemplo exibido na Figura 8.

Estratificação significa dividir os dados em grupos baseados em características-chave que é algum aspecto dos dados que contribui na explicação de quando, onde, e porque um problema existe. Sendo que o propósito de dividir dados em grupos é detectar um padrão que localize um problema ou que explique por que a frequência ou impacto varia entre tempos, locais ou condições. Grupos típicos são baseados em:

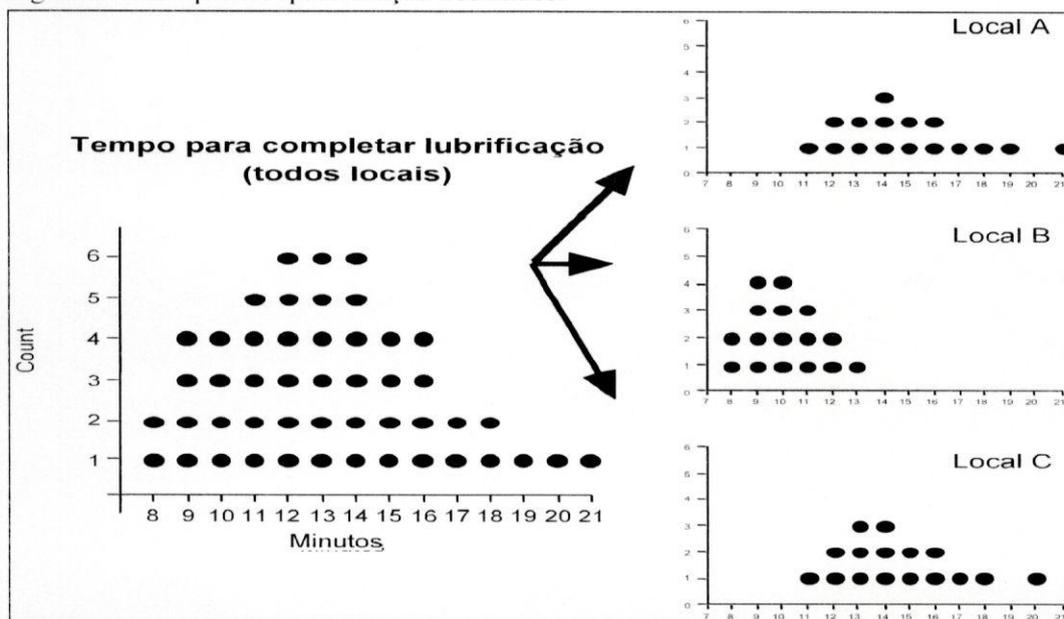
- **QUEM** - quais pessoas, grupos de pessoas, departamentos ou organizações estão envolvidos;
- **O QUE** - máquinas, equipamentos, produtos, serviços, suprimentos;

- **ONDE** - localização física do defeito.

Quando se trata de exibir dados estratificados, os pontos dos dados serão normalmente codificados para separar visualmente os grupos. Na maioria dos casos, a codificação é feita usando:

- Diferentes etiquetas, cores ou símbolos;
- Diferentes pontos lado a lado.

Figura 8- Exemplo de apresentação dos dados.



Fonte: Road Map Rath & Strong, 2001.

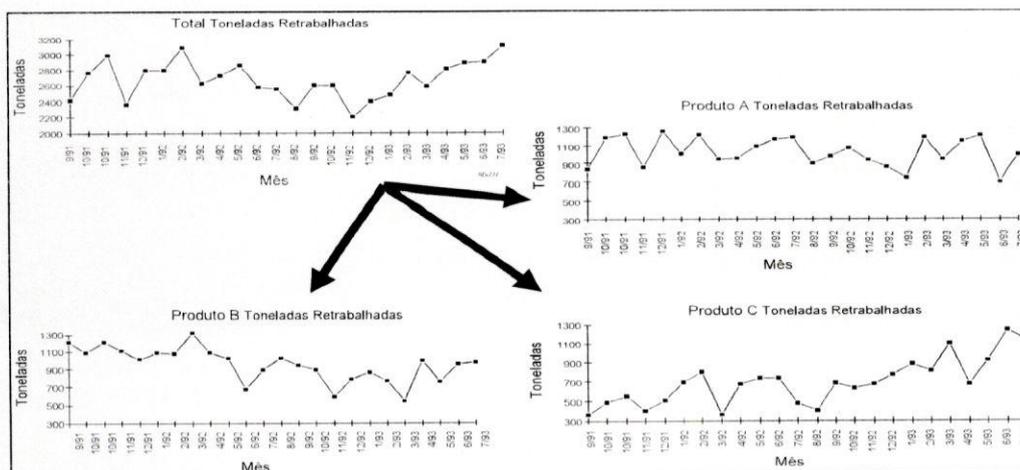
Com estes gráficos de frequência é possível criar uma imagem da variação do processo, pode relevar padrões que forneciam pistas para certos tipos de problemas e ainda é possível verificar se os dados estão distribuídos normalmente.

As apresentações dos dados devem ser feitas sempre em forma de gráficos para facilitar a visualização do processo.

Há vários gráficos que podem ser utilizados para apresentação dos dados, porém um dos mais indicados é o dado de tendência que mostrará que as condições do processo podem mudar de tempos em tempo, por isso dados de um ponto no tempo nem sempre poderão ser comparados aos de outro ponto no tempo.

O gráfico de tendência também fornecerá uma análise precisa quanto a causas especiais que ocorram no processo, e por fim tornará as tendências do processo visíveis, conforme exemplo demonstrado na Figura 9.

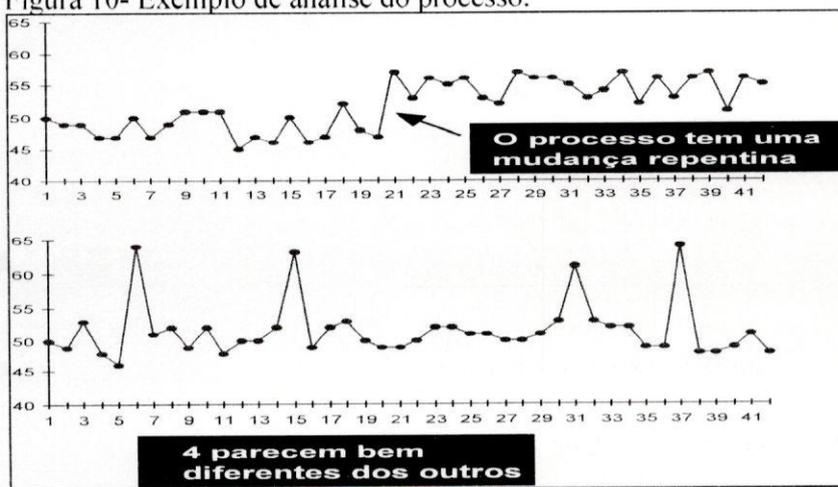
Figura 9- Exemplo de demonstração de tendência do processo.



Fonte: Road Map Rath & Strong, 2001.

O tempo é um fator importante na análise do processo, uma plotagem de amostra revela um processo que passou por uma mudança súbita, conforme mostra a Figura 10.

Figura 10- Exemplo de análise do processo.



Fonte: Road Map Rath & Strong, 2001.

- O que teria acontecido se você estivesse comparando apenas o dado do ponto 12 com o dado do ponto 30?
- A outra amostra revela um processo onde algo de estranho parece acontecer vez ou outra. O que teria acontecido se você não pudesse perceber a diferença entre o dado "regular" e o dado "especial"?
- Poder visualizar padrões como estes e ver o que está acontecendo em um processo ao longo do tempo é algo crítico para se criar uma melhoria efetiva.

As causas especiais acontecem com uma determinada frequência nos processos, e são diferentes de variações comuns do processo.

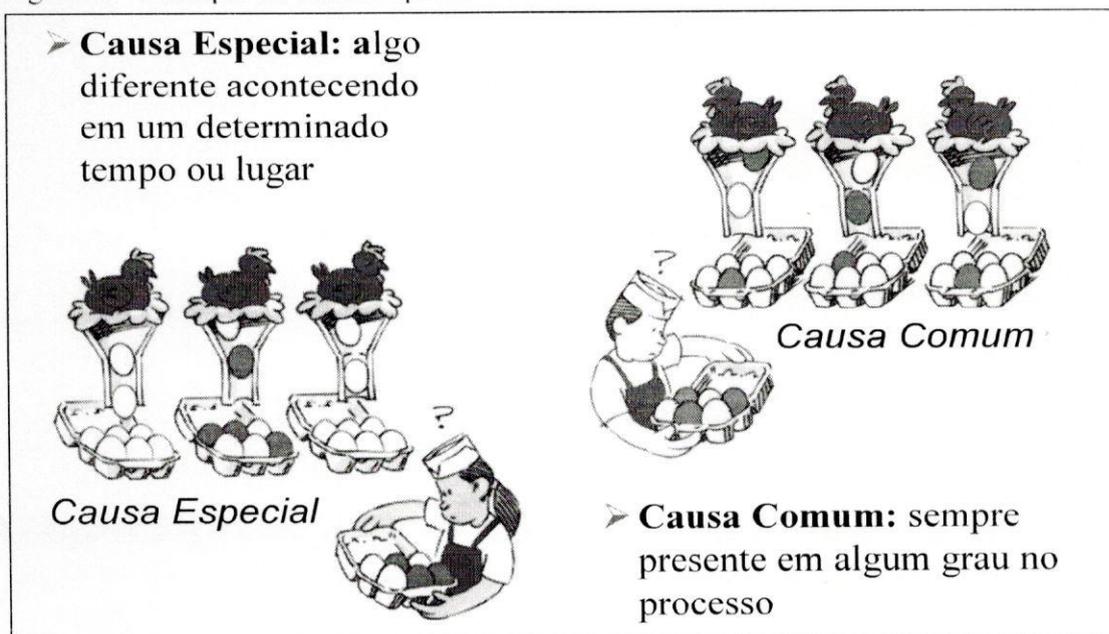
4.2.4.1 Variação de causa comum

- Temporária ou localizada; específica.
- Pode surgir e desaparecer esporadicamente
- Evidência da falta de controle estatístico é um sinal de que uma causa especial pode ter ocorrido
- Lembrete: um processo com variação de causa especial é chamado de instável

4.2.4.2 Variação de causa especial

- Comum a todas as ocasiões e lugares;
- O grau de presença varia;
- Cada causa contribui com uma pequena consequência para a variação nos resultados;
- A variação que é devida a causas comuns quase sempre irá dar resultados que estejam no controle estatístico;
- Lembrete: um processo com apenas variação de causa comum é chamado de estável. Exemplo demonstrado na Figura 11.

Figura 11– Exemplo de Causa Especial e Causa Comum

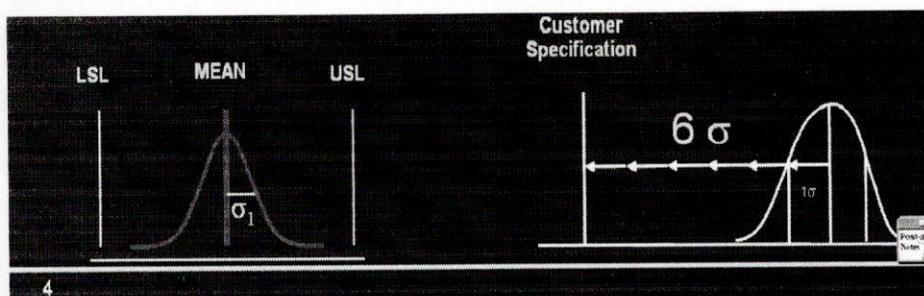


Fonte: Road Map Rath & Strong, 2001.

4.2.5 Capacidade do processo

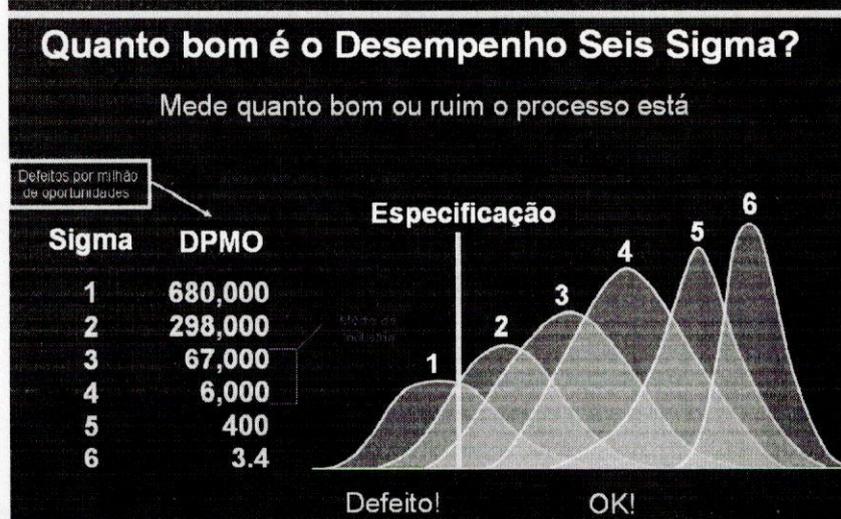
Segundo Rath Strong (2001), Sigma é um conceito estatístico que representa o quanto de variação há em um processo em relação às especificações dos clientes. O sigma do processo está baseado nas oportunidades de defeitos por milhão, onde o Seis Sigma equivale a 3,4 ppm de defeitos, exemplo mostrado na Figura 12 e Figura 13.

Figura 12- Demonstração gráfica do Seis Sigma em relação as especificações do cliente.



Fonte: Mairo Silveiro.

Figura 13- Demonstração gráfica dos Sigmas de acordo com o PPM.



Fonte: Mairo Silveiro.

É preciso medir a capacidade atual do processo para ser possível comparar a evolução dos sigmas ao término do projeto. Com isto será possível verificar o quanto houve de redução da variação do processo. Lembrando que para ser possível calcular a capacidade do processo o mesmo deve obedecer a uma distribuição normal, ou seja, é necessário eliminar causas especiais do processo.

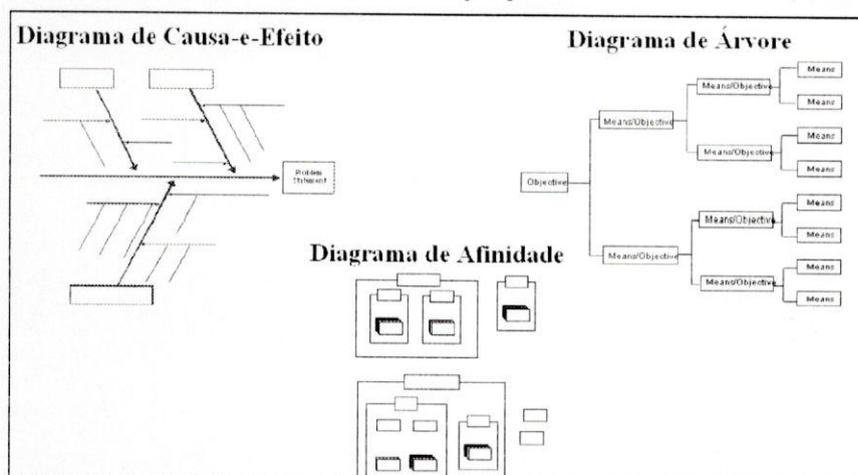
De acordo com o anexo 2 mostra o passo a passo da Etapa Medir.

4.3 A etapa Analisar

Segundo Rath Strong (2001), o objetivo desta fase é avaliar o processo atual para revelar as causas de problemas de processo. Assim identificar e quantificar a causa raiz dos problemas, formando hipóteses que poderão ser testadas com dados. Também nesta fase será determinado a que causas devem – se melhorar primeiro.

A maior parte das pessoas teve a experiência de “resolver” um problema por vezes seguidas, o que significa que as ações tomadas não levaram realmente à raiz do problema. O uso de diagramas como os mostrados aqui pode ajudar a tornar suas soluções mais eficazes na primeira vez, ao deixar claro que você descobre as causas profundas de um problema. Demonstrado na Figura 14.

Figura 14- Exemplo das ferramentas que podem ser utilizadas nesta etapa.



Fonte: Do autor.

Diagramas de Causa-e-Efeito mostram graficamente as causas de um problema. O layout mostra relacionamentos de causa-e-efeito entre as causas potenciais.

4.3.1 DOE – Introdução à Projeto de Experimentos

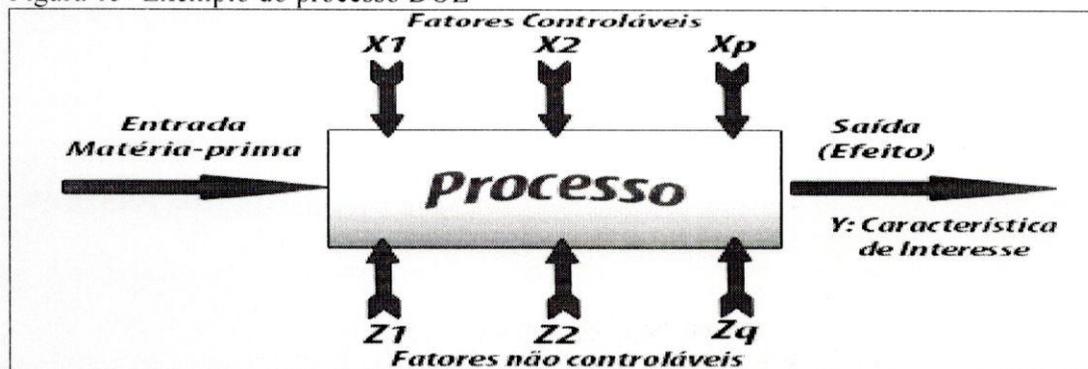
Segundo Rath Strong (2001), de acordo com a estratificação do experimento poderemos verificar que alguns fatores influenciam na ocorrência de variações. Neste caso a etapa analisar do Seis Sigma possui uma ferramenta muito poderosa, o DOE. Esta ferramenta nos permite analisar de forma experimental, o que é muito importante uma vez que experimentar é mais barato que implementar, com isso podemos verificar a influência de vários itens nas variações do processo.

O DOE trabalha com combinações de vários itens do processo, por exemplo, ele determina quais serão os experimentos a se realizar e quais as repetições. É uma ferramenta bastante complexa que requer bastante habilidade e conhecimento do condutor do projeto, porém existem atualmente software direcionados ao emprego do Seis Sigma, um deles é o Minitab.

Com base nos dados do DOE, é possível tirar uma foto do impacto que cada variável causa no processo, isto é feito por meio de gráficos que demonstram os impactos das variáveis ao processo. Assim temos como partir para a solução do problema de forma mais econômica e com uma maior chance de sucesso na implantação.

Em poucas palavras o DOE torna possível realizar um estudo, que levaria meses para ser concluído, em pouco tempo de produção, com uma grande probabilidade de sucesso durante a implementação, uma vez que seus experimentos não são viciados e são aleatorizados pela ferramenta. Na Figura 15 temos um exemplo do fluxo do DOE.

Figura 15- Exemplo do processo DOE



Fonte: (DOE, 2014).

De acordo com o anexo 3 mostra o passo a passo da Etapa Analisar.

4.4 A Etapa Implementar

Para Stamatis (2004 apud LEAL, 2014, p. 40), esta é a quarta fase de um projeto Seis Sigma. Nesta fase deve-se retornar ao processo e otimizar as características (X 's vitais) que foram identificados na fase de análise.

- Confirmar as melhorias após a implementação das mudanças;
- Estabelecer os limites operacionais para os X 's vitais;
- Calcular a nova capacidade do processo.

O objetivo desta fase é gerar ideias, desenhar programas de melhorias, realizar projetos pilotos de ajustes em processos e implementá-los. É através da análise dos resultados obtidos nas fases de Definição, Medição e Análise que a fase de Melhoria possui subsídios para propor mudanças e estar constantemente pensando em melhorias.

A coleta de informações da satisfação dos clientes em conjunto com dados de desempenho de processos, auxilia a equipe de trabalho a propor mudanças, em alguns casos ajustes.

O custo benefício de uma mudança é analisado criteriosamente a fim de se concluir se o impacto da mudança é realmente benéfico tanto em redução de custos como em benefícios para os clientes da organização.

Toda proposta de melhoria deve estar apoiada através da implementação de um piloto inicial, um piloto é um projeto em menor escala que visa validar com um grupo menor se os benefícios propostos realmente foram atingidos. A comprovação dos benefícios em projetos pilotos são um forte indicativo de que o resultado pode ser propagado se implementado na área ou em um processo como um todo.

Com a implementação que foi realizada e que está em andamento, o processo de validação desta nova implementação deve ser constante, validando se ocorreu melhoria no desempenho do processo ao ser comparado com a medição anterior à mudança.

De acordo com o anexo 4 mostra o passo a passo da Etapa Implementar.

4.5 A etapa Controlar

Para Stamatis (2004 apud LEAL 2014, p. 40), esta é a quinta e última fase de um projeto Seis Sigma. Nesta fase deve-se garantir que as melhorias conseguidas sejam definitivas.

O objetivo desta fase é controlar os processos existentes, aplicar medições com o intuito de monitorar o andamento dos processos e antecipar ações corretivas e de prevenção de desvios. Devem-se institucionalizar melhorias através de modificações em sistemas, estruturas e processos, tudo isto acompanhado por um plano de controle onde ficam registrados os responsáveis, o que está sendo mensurado, parâmetros de desempenho e medidas corretivas aplicadas.

O resultado da fase de controle é permitir aos donos dos processos visualizar:

- Entender as expectativas de desempenho dos processos;
- Quais ações devem ser executadas no caso de ocorrerem problemas previamente analisados ou possíveis. Exemplo desta etapa exibido na Figura 16.

Figura 16: Demonstração de controle e padronização.



Fonte: Road Map Rath & Strong, 2001.

- Certificar-se de que importantes elementos de um processo sejam executados de forma consistente da melhor maneira possível;
- As mudanças são feitas apenas quando os dados revelam que uma nova alternativa é melhor;
- Documentação é a chave;
- Assegurar que a documentação esteja atualizada e sendo usada encoraja o uso contínuo dos métodos padronizados;
- Discussão;
- Que imagens vêm à mente quando você pensa em padronização de processo?
- Quando tiver terminado a documentação, você precisará certificar-se de que todo aquele que estiver usando um processo em comum está treinado nos novos métodos;
- Até mesmo funcionários experientes precisam ser treinados nos novos métodos.

Realizar uma reunião após concluídas as etapas é de suma importância para o projeto:

- Reconheça o tempo considerável e os esforços que foram gastos com a iniciativa.
- Registre as lições tiradas da iniciativa: Sobre o problema ou processo que foi estudado, sobre o próprio processo de melhoria.
- Compartilhe as lições.
- Entregue as responsabilidades pela padronização e monitoramento às pessoas certas.

O importante do encerramento é demonstrar à alta administração e às pessoas, envolvidas o impacto do projeto. Nem sempre o projeto gera lucro pela redução de custo, mas, muitas vezes gera lucro por tornar clientes normais em clientes fiéis, devido a tornar produtos mais adequados às expectativas dos clientes. E nem sempre se consegue alcançar o Seis Sigma, lembre-se esta é uma meta, e também pode significar a perfeição. Não tente tornar o processo perfeito e sim reduzir drasticamente as variações do mesmo.

De acordo com o anexo 5 mostra o passo a passo da Etapa Controlar.

5 CONCLUSÃO

Estruturada e organizada o Seis Sigma é uma ferramenta que reuni várias informações estatísticas, com o objetivo de resolver problemas de uma forma direta, agindo realmente onde é necessária, na causa e não apenas nos efeitos. É sem dúvida uma ferramenta preventiva no que diz respeito à solução de problemas, prevendo variações que possam ocorrer nos processos, desta forma é possível diminuir os custos da não qualidade, ou até mesmo impressionar ainda mais o cliente para que possa adquirir um determinado produto pela melhoria de desempenho do mesmo.

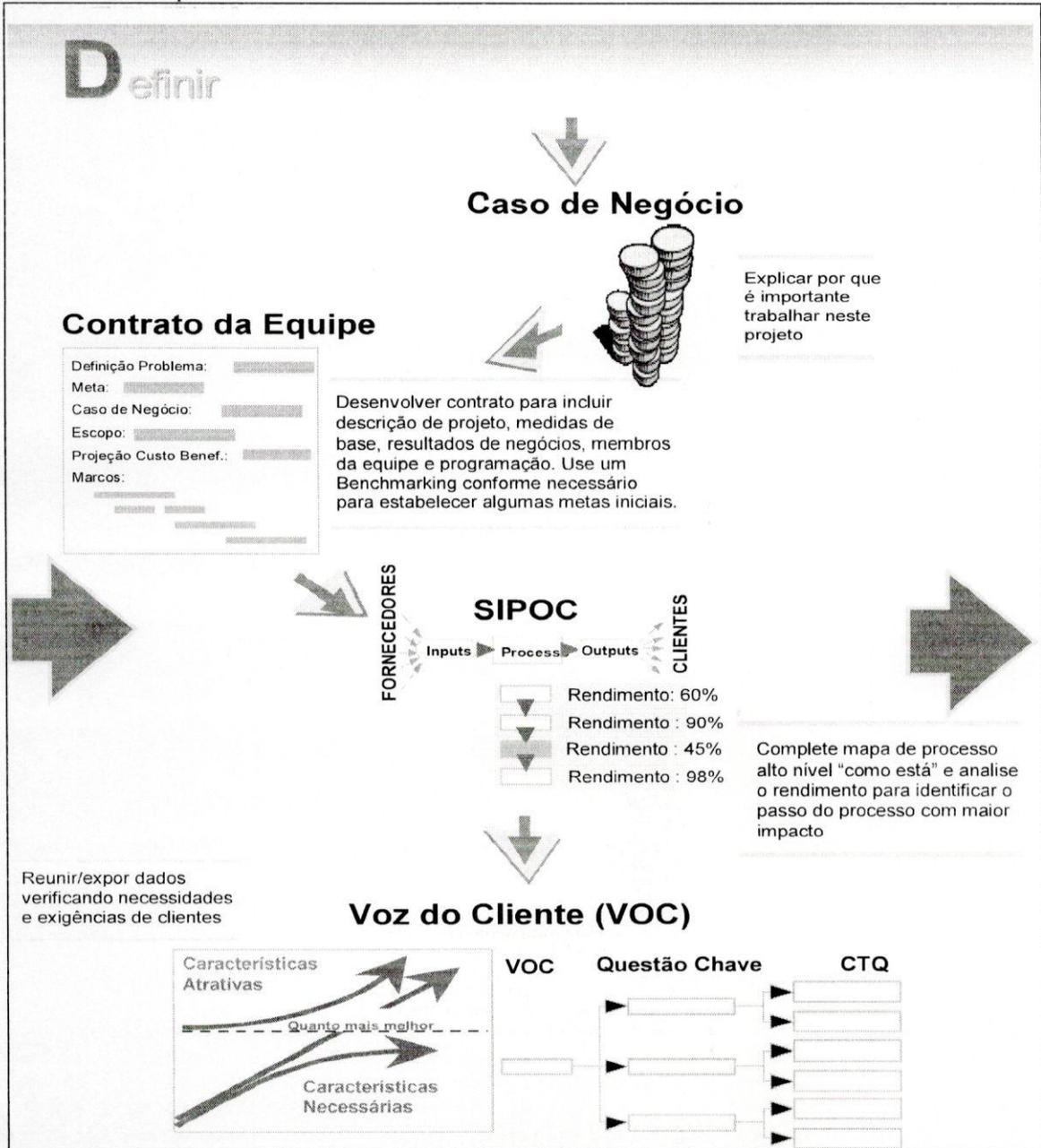
De toda forma mesmo que a meta não seja alcançada o Seis Sigma representa ganho, com a aplicação da ferramenta o processo já terá uma impressão significativa no que diz respeito a melhoria. O Seis Sigma pode ser considerado um ciclo, por isto pode ser repetido diversas vezes, pois, a ideia é praticar a melhoria continua dos processos, garantindo a competitividade de mercado, uma vez que hoje em dia para entrar no mercado não basta apenas ter um bom preço mais sim um produto de qualidade e com aplicação do Seis Sigma é possível uma redução de custo no processo e um produto com o mínimo de variação possível.

Com base nos conceitos visto neste trabalho pude concluir que o Seis Sigma é uma excelente ferramenta para melhoria de um processo e também para uma redução de custos para empresa.

REFERÊNCIAS

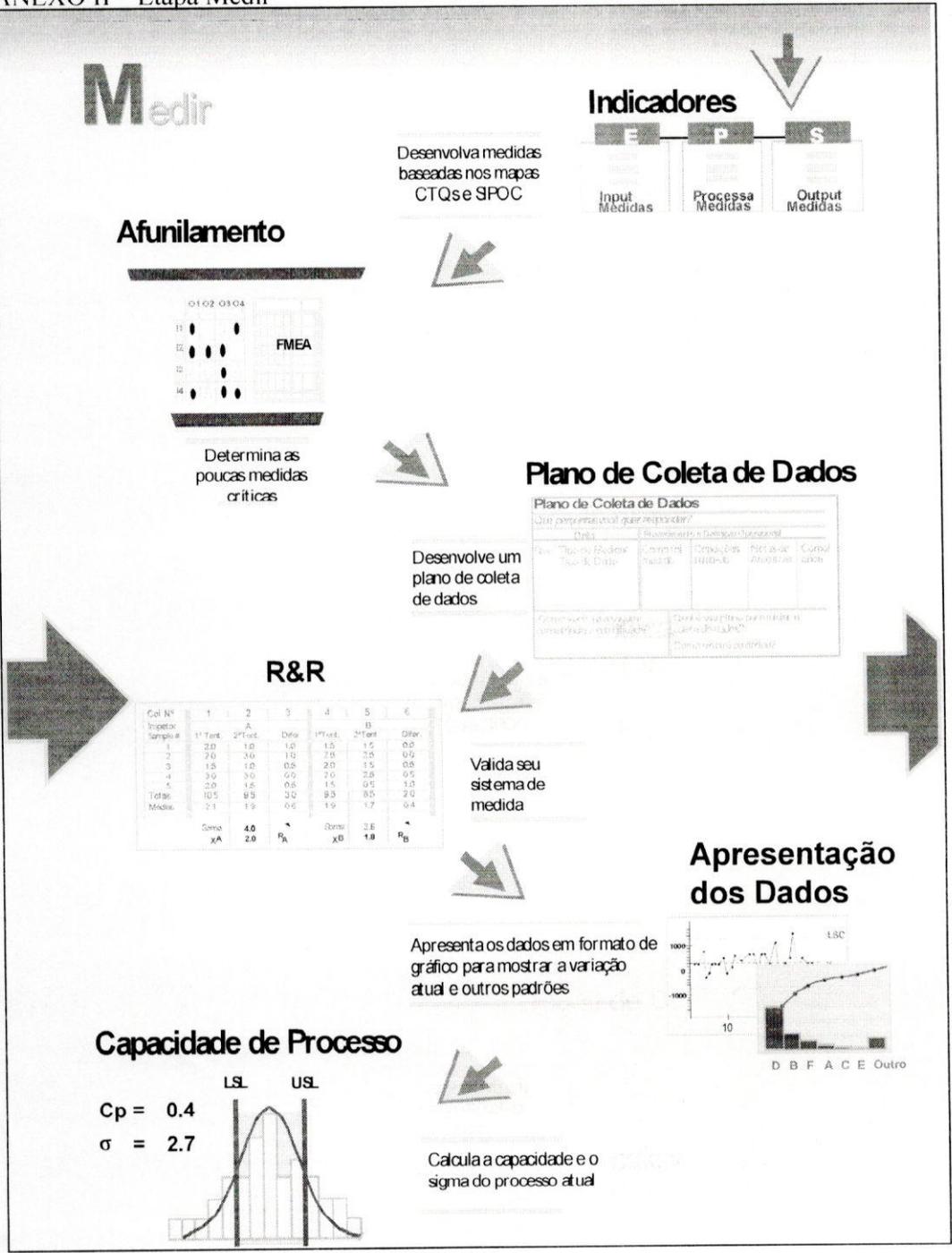
- ADVANCE CONSULTORIA. **Sipoc**. [2000?]. Disponível em: <<http://www.advanceconsultoria.com/?p=6122>>. Acesso em: 18 set. 2014.
- BARNEY, Matt. **A segunda geração do Seis Sigma na Motorola**. 2002. Disponível em: <http://www.qsp.org.br/biblioteca/segunda_geracao.shtml>. Acesso em: 06 out. 2014.
- CARVALHO, Marly; ROTONDARO, Roberto. **Gestão da Qualidade: teoria e casos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p.10-20.
- DOE: planejamento do experimento. [2014?]. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/555-introdu%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 09 set. 2014.
- HARRY, M. J. **Abatement of business risk is key to Six Sigma**. Quality Progress, 33, p. 72-76, jul. 2000.
- LEAL, Anderson. Definições modelo DMAIC. In: STAMATIS, H. DEAN. “**Six Sigma Fundamentals: A complete guide to the system, methods and tools**”, New York, Productivity Press, 2004. p. 40. Disponibilidade: <http://aberto.univem.edu.br/bitstream/handle/11077/891/TC_ANDERSON_ABATTI_LEAL_ENGENHARIA.pdf?sequence=1>. Acesso: 06 out. 2014.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamento de metodologia científica**: São Paulo: Atlas, 2009. 197 p.
- RATH, D. ; STRONG, L. (Org.). **Six Sigma Pocket Guide**, 2. ed. Lexington, 2001, 192 p.
- REVISTA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Piracicaba: Editora Unimep, v. 11, n. 20, jul./dez. 2002. 8 p.
- RODRIGUES, Marcus. **Qualidade padrão Seis Sigma: entendendo, aprendendo e desenvolvendo**. 2. ed. atual. e ampl. Rio de Janeiro: Campus, 2014. 111 p.
- SILVEIRA, Mairo. Qualidade e Produtividade. In: METODOLOGIA SEIS SIGMA, 2012, Varginha. 1 a 81.
- WERKEMA, Cristina. **Perguntas e respostas sobre o lean seis sigma**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: Campus, 2011. 222.p.
- WERKEMA, Cristina. **Seis Sigma: Criando a cultura Seis Sigma**. 3. ed. Belo Horizonte: Werkema, 2012. 22 p.
- YANG, Kai; EL-HAIK, Basem. **Projeto para Six Sigma: um roteiro para o desenvolvimento do produto**. Tradução J. G. Buchaim; Pedro R. Bueno Neto; Candido Faga. São Paulo: Educator, 2008. 21 p.

ANEXO I – Etapa Definir



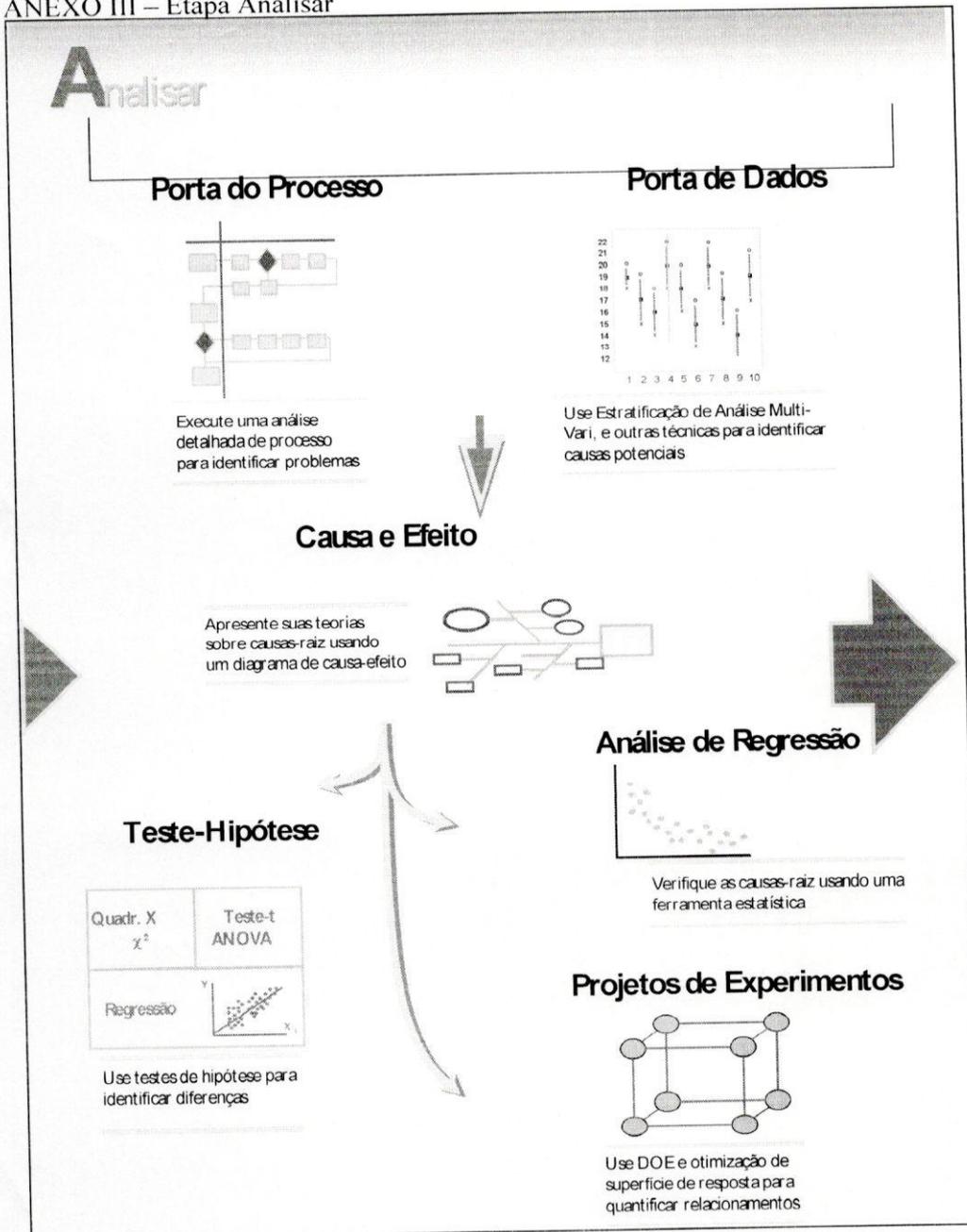
Fonte : Rath e Strong (2001)

ANEXO II – Etapa Medir



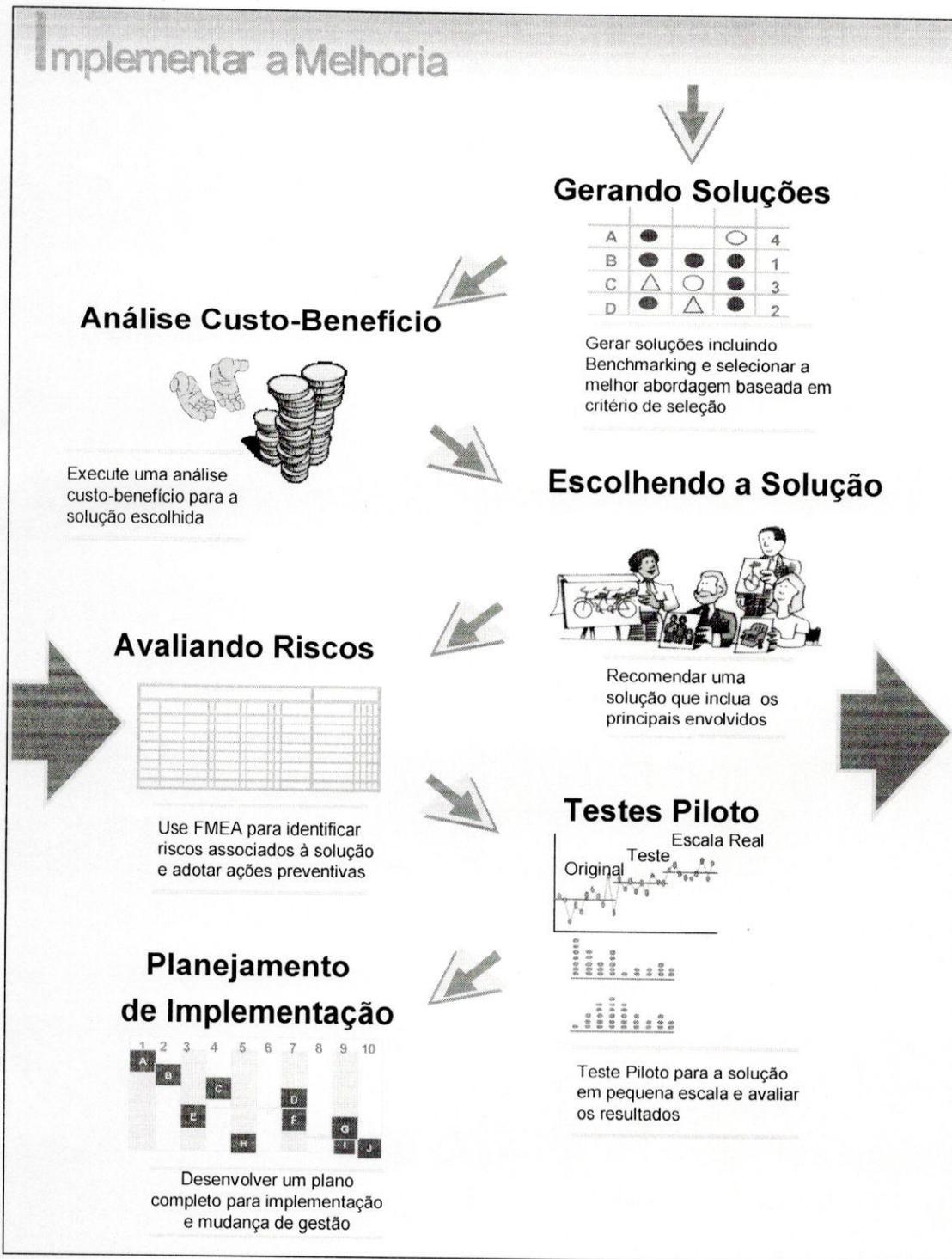
Fonte : Rath e Strong, 2001

ANEXO III – Etapa Analisar



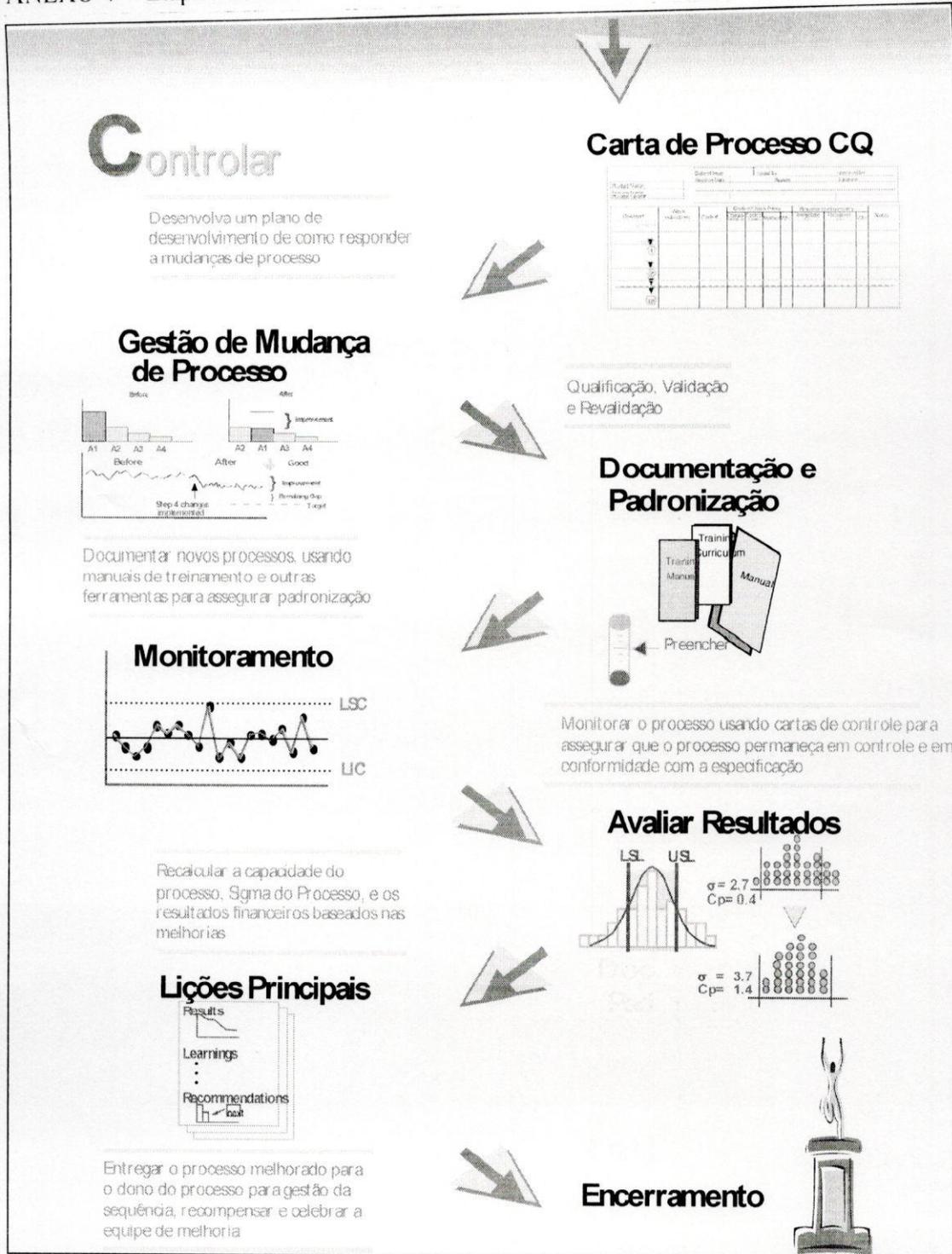
Fonte : Rath e Strong, 2001

ANEXO IV – Etapa Implementar melhoria



Fonte : Rath e Strong, 2001

ANEXO V – Etapa Controlar



Fonte: Rath e Strong, 2001