



FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO

36

MILTON BRIGUET BASTOS

ANÁLISE DE DADOS E EXPERIMENTOS NA
ADMINISTRAÇÃO DE NEGÓCIOS



Fundação Getúlio Vargas
Escola de Administração
de Empresas de São Paulo
Biblioteca



1492/2001



1200101492

Tese apresentada ao Curso de
Pós Graduação da FGV/EAESP.
Área de Concentração: Produção
e Sistemas de Informação.
Requisito para obtenção de título
de Doutor em Administração.

Orientador: Prof. Claude Machline

SÃO PAULO
2001

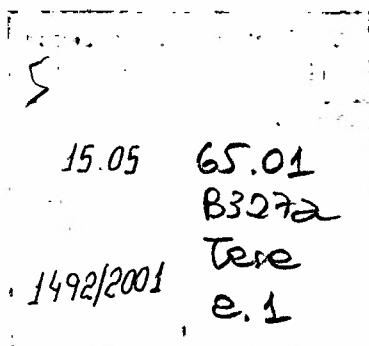
Descrição Bibliográfica

Bastos, Milton Briguet. Análise de Dados e Experimentos na Administração de Negócios. São Paulo EAESP/FGV, 2001. 204 p. (Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Pós-Graduação da EAESP/FGV, Área de Concentração: Produção e Sistemas de Informação).

Resumo: Trata do problema de análise de dados na administração de negócios. Aborda as tecnologias de base estatística para análise de dados e informações e apoio ao processo decisório. Abrange o uso de tecnologia de delineamento de experimentos em diversas áreas da administração apresenta o uso de delineamento de experimentos (DOX) na filosofia de Taguchi, programa de qualidade Seis Sigma e na reengenharia de processos. Descreve a geração do conhecimento ou "inteligência" a partir da transformação de dados em informações e informações em conhecimento.

Palavras-Chaves: Delineamento de experimentos, estatística aplicada a administração, análise de dados, processo decisório, programa de qualidade Seis Sigma, Taguchi, administração de conhecimento.

SP-00022048-9



**ANÁLISE DE DADOS E EXPERIMENTOS NA
ADMINISTRAÇÃO DE NEGÓCIOS**

Banca Examinadora

Prof. Orientador _____

Prof. _____

Prof. _____

Prof. _____

Prof. _____

DEDICATÓRIA

À minha esposa Ana Lucila Monteiro Bastos.

Sem seu incentivo não teria sido possível escrever esta tese.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a valiosa cooperação dos meus companheiros da MBB Enterprises:

Carlos Eduardo Ismael

Daisy Rezende

Fabio Luis Corsini Motta,

os quais tiveram uma grande contribuição no trabalho de digitação e editoração desta tese.

Agradeço às professoras Leia Monteiro e Loyola Ferri pelo importante auxílio na revisão de português.

Agradeço ao meu grande amigo Gary C. Myers Jr., que me incentivou no uso da estatística aplicada para a solução de problemas, quando realizamos diversos trabalhos em conjunto na Du Pont. A sua influência fez com que eu me tornasse um adepto destas tecnologias até hoje.

Finalmente agradeço à minha esposa Ana Lucila Monteiro Bastos e aos nossos filhos Francesca, Carlos e Michael por terem se privado da minha companhia durante a preparação deste trabalho.

Abstract

This study focuses on the data and experiment analysis. It will help us to understand the use of data and experimental analysis on several business administration practices including: Decision and Risk Analysis, Business Process Reengineering, Six Sigma and Taguchi Quality Systems.

It also discusses thinking methods and its implementation, illustrated by examples.

In addition , the study also covers the use of those analyses to develop Business Intelligence within the organization.

Key words: Data Analysis, Experimental Design, Decision and Risk Analysis, Business Process Reengineering, Business Intelligence, Applied Statistics in Business, Quality Systems, Six Sigma, Taguchi Methods.

Análise de Dados e Experimentos na Administração

ÍNDICE

Capítulo I – Introdução e Objetivos	1
Capítulo II – Técnica de Análise de Dados	11
Capítulo III – Decisão, Risco e Incerteza	26
Capítulo IV – Geração de Conhecimento e “Business Intelligence”	42
Capítulo V – Engenharia de Qualidade: Filosofia e Métodos Propostos por Genichi Taguchi	55
Capítulo VI – Programa de Qualidade Seis Sigma	79
Capítulo VII – Modelo de Análise de Dados e Delineamento de Experimentos	135
Capítulo VIII – Utilização do Delineamento de Experimentos:	
1. Controle de Qualidade	149
2. Projeto Seis Sigma	160
3. Reengenharia de Processo.....	163
4. Delineamento de Experimentos em Marketing	167
5. Delineamento de Experimentos em Áreas Financeiras	170
Capítulo IX – A Prática da Análise de Dados e Experimentos	172
Caso: DuPont- Lycra	182
Caso: Supermercado.....	185
Capítulo X – Conclusão	190
Referências Bibliográficas	195

Apresentação

Com o advento da informática e seu acentuado desenvolvimento nas últimas décadas, empresas e organizações tiveram ao seu dispor extensas bases de dados para serem interpretados e analisados. A tecnologia da informação cada vez mais acessível às organizações permitiu em alto grau de eficiência a coleta e armazenagem de vultuosas quantidades de informações tanto dispersas quanto em forma de bancos de dados. O intuito deste processo de coleta e armazenagem de informações deveria ser de teoricamente utilizar posteriormente as informações no processo de administração dos negócios.

Mesmo em épocas anteriores à proliferação dos dados nas empresas, o acúmulo de informações sempre fez parte do conhecimento da tecnologia, dos processos, dos mercados e das finanças.

O que conhecemos hoje como “know how” de uma empresa e organização é simplesmente o conhecimento criado através das informações adquiridas, compiladas, organizadas e analisadas incluindo itens que deram certo ou não, como em qualquer processo de aprendizado. Muitas foram as ocasiões onde todo esse processo de aquisição, compilação, análise e tomadas de decisões se encontravam de forma intuitiva e não estruturada na mente de uma só pessoa na figura do líder ou proprietário do negócio.

O processo bem complexo mas efetuado sem nenhum rigor matemático ou científico envolvia a interpretação de informações quantitativas e qualitativas, experiências bem sucedidas ou fracassos, decisões mais ou menos acertadas e a experiência profissional

ou de vida dos envolvidos, chegando ao destino num processo incessante de tentativas, erros, acertos, mudanças de rumo, influência dos mercados, da concorrência, da economia, dos consumidores e colaboradores.

Grandes organizações foram criadas dentro destes paradigmas. Por muito tempo o desempenho das organizações não era melhor porque não havia compilação de dados de forma consistente, bem como não havia formas eficientes de analisar estas informações a custos razoáveis, antes da popularização do processamento de dados de baixo custo. Como os dados eram obtidos de forma manual, o próprio processo de digitação de informações nos computadores era difícil e oneroso.

A revolução da tecnologia de informação nas últimas décadas teve um grande impacto no processo de análise de dados e informações. As informações que eram escassas passaram a ser coletadas em um ritmo de crescimento exponencial comparativo ao crescimento da capacidade de memória e capacidade de armazenamento de dados dos computadores, estes produzidos em quantidades cada vez maiores. A quantidade de informação disponível passou de deficiente a excessiva em menos de uma geração. Hoje o problema mudou de figura onde a interpretação da avalanche de informações é um dos maiores problemas da administração de negócios.

Segundo um estudo recente da IBM apenas 7% dos dados adquiridos são processados, ou seja, 93% das informações adquiridas pelos computadores jamais são utilizadas novamente servindo apenas para gastar a “mídia” de armazenamento e os processadores dos computadores. Outro problema é que a quantidade de informações é tão grande que o próprio processo de interpretação e análise fica bastante difícil e

muito prejudicado. Já que não é possível analisar tudo, também não sabemos o que precisa ser analisado. O que é importante é identificar o que é crítico para o processo decisório futuro e não consideradas como “ruído” e que dificultam o entendimento do essencial.

Hoje em dia o processo de transformar dados em informações e estas em conhecimento pode ser chamado de inteligência de negócios “Business Intelligence”. O desafio está em como criar conhecimento a partir da interpretação dos dados, disponíveis e também da busca persistente de informações que muitas vezes não estão disponíveis, o que, parece um paradoxo dentro do contexto de informações excessivas.

As empresas de software de negócios como a IBM e mesmo algumas mais especializadas em pacotes de base estatística como o SAS Institute, desenvolveram programas específicos para esta finalidade. Temos como mineração de dados “data mining”, armazenagem de dados “data warehouse”, OLAP – “On line Analytical Processing Tool”, SEMMA.

“Sample, Explore, Modify, Model, Access”. Estes são nomes de programas regularmente utilizados com a finalidade de garimpar e interpretar grandes bases de dados. Somam-se a estes, programas tradicionais de análise de dados e geração de gráficos e diagramas. Estatística descritiva, análise de variância, gráficos e correlações, séries temporais e todo o tipo de correlação, projeção e inferência.

Um outro aspecto do problema de análise de dados, é que, mesmo dentro de um mar de dados e informações, muitas vezes não encontramos a resposta às nossas perguntas. Os dados que obtemos de uma forma consistente são os que estão

disponíveis e não necessariamente aqueles que respondem às nossas perguntas ou dúvidas. Podemos considerar que os dados que possuímos podem ser colocados em um espaço euclidiano multidimensional.

Na prática os dados que conseguimos no dia a dia ficam sempre restritos a uma pequena parte do espaço possível das diversas combinações de valores do vetor de X .

A prática operacional visa a limitar o espaço dentro de um envelope tradicionalmente utilizado evitando-se enveredar por regiões poucos conhecidos e potencialmente arriscadas em relação ao alcance os objetivos da organização.

De certo modo esta limitação de abrangência de dados nos impede de conhecer regiões potencialmente mais favoráveis e que possam nos indicar um caminho a seguir. Eventualmente após várias tentativas e erros intencionais ou aleatórios, acabaremos pôr percorrer uma boa parte do espaço factível e podemos chegar até a conclusão que estaremos operando perto da combinação ótima ou ideal.

Este processo não estruturado de tentativa e erro pode levar muito tempo sem nenhuma garantia que chegaremos aonde desejamos, ou mesmo se existe alguma região melhor.

Uma técnica que hoje em dia é pouco utilizada nas práticas da administração é a de delineamento de experimentos. Esta técnica desenvolvida desde a década de 1920 por Fischer inicialmente utilizada na agricultura, sendo também prática corrente nos melhores laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, e aplicada por Genichi Taguchi

no controle de qualidade. O delineamento de experimentos e sua posterior análise estatística permite desenvolver um melhor conhecimento a respeito das relações de causa e efeito com o mínimo de esforço ou custo. É surpreendente que uma ferramenta muito poderosa de base estatística tenha, ainda hoje, tão pouca aplicação na administração de negócios.

Taguchi, por exemplo, utilizou o delineamento de experimentos tanto para identificar as fontes de variabilidade para permitir sua posterior redução, ou para o desenvolvimento de projetos de produtos que fossem mais desejáveis pelo cliente, ou ainda para desenvolver produtos e processos mais robustos (menos sensíveis às variações ambientais ou condições de uso). O delineamento de experimento permite um melhor entendimento das relações de causa e efeito e da identificação dos fatores que tem algum impacto nos atributos que nos interessam. Como já foi mencionado, experimentação não controlada, intencional ou não, ocorre diariamente na prática da administração. Este processo é conhecido popularmente como tentativa e erro. É interessante que mesmo que o nosso objetivo é de acertar não falamos em tentativa e erro. A razão é simples. A prática mostra que há muitos mais erros do que acertos no processo não controlado de experimentação, se não conhecemos as relações de causa e efeito. Não poderemos esperar nada melhor como resultado das nossas tentativas. Não é precisa nem mencionar o custo de obtenção do conhecimento dos negócios desta forma. Quantos recursos são desperdiçados diariamente pelas empresas?

Mais recentemente as empresas de ponta na administração da qualidade, em particular a General Eletric, passaram a se utilizar uma nova tecnologia de

implementação de qualidade chamada de Seis Sigma “six sigma” as ferramentas tradicionais de controle de qualidade que operavam entre três e quatro desvios padrões (três ou quatro sigma). O programa Seis Sigma não seria factível sem a aplicação de técnicas de base estatística mais sofisticadas, como, por exemplo, o delineamento de experimentos.

Esta tese tem como objetivo ser abrangente no que tange ao uso de tecnologia de análise de dados, de apoio aos processos decisórios e de delineamento de experimentos na prática da administração, sem as quais programas de melhoria de qualidade com as exigências dos Seis Sigmas seriam impossíveis de serem implementadas eficientemente.

Uma outra abordagem proposta é a de estabelecer uma série de ferramentas de base estatística com a finalidade de melhorar o conhecimento das organizações, mais conhecido como “Business Intelligence”.

O uso destas ferramentas permite também desmistificar o uso de estatística na administração de empresas, bem como permitir a sua aplicação em áreas não tradicionais da administração já que o seu uso é conhecido na economia (econometria), análise de investimentos, administração de produção e controle de qualidade.

Capítulo - I

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

- Origem da análise de Dados

A análise de dados e informações tem origens nos primórdios da civilização humana. O surgimento da linguagem escrita permitiu que os primeiros relatos de observações materiais e físicas fossem registrados. A aritmética, álgebra e geometria foram as primeiras ferramentas da análise de dados e informações. Muitas das observações mais antigas foram úteis para o entendimento de fenômenos naturais como ciclos lunares e estações do ano, bem como a disposição das estrelas no céu nos diversos períodos do ano. A observação e registro de fenômenos naturais como as marés, períodos de chuva e seca no Egito antigo, foram primordiais para que a civilização egípcia passasse por um período de grandeza e opulência em relação aos outros povos mais primitivos do mesmo período.

As interpretações dos fenômenos das cheias no baixo Nilo foram a um avanço até então sem igual no aumento da produtividade da agricultura nas regiões banhadas por este rio.

O mesmo ocorreu de curto modo com as civilizações mais avançadas das Américas como os Maias por exemplo que possuía um calendário com uma exatidão que nos surpreende até hoje, bem como as obras de engenharia erguidas neste período (templos e pirâmides).

Mais recentemente tivemos o apogeu da civilização grega que com o avanço dos conhecimentos de geometria e álgebra permitiu descobertas importantes nas ciências.

O destaque é que todas estas civilizações possuíam, cada um em seu tempo, um elenco de tecnologia e conhecimento que os levou a ter vantagens competitivas em relação a outras civilizações do mesmo período.

Muitas destas “vantagens competitivas” eram utilizadas com finalidades bélicas, para defesa ou conquista, como a descoberta da pólvora na China, ou até as tecnologias desenvolvidas por Arquimedes que ajudaram na defesa de Siracusa.

O que é mais importante é que a análise de dados e informações estão trazendo vantagens competitivas para as organizações atuais da mesma forma que trouxe para as civilizações antigas.

Evolução da Análise de Dados

Com o aumento da revolução industrial, as aquisições de registros de dados e informações se tornaram ainda mais importantes. A maioria das informações já poderia ser procurada ou analisada de alguma forma. O cálculo diferencial e integral bem como a estatística e a análise gráfica, permitiram avanços importantes no auxílio da interpretação dos dados obtidos dos processos industriais, fenômenos materiais, informações demográficas, e das atividades econômicas.

As organizações começaram a operar em cima de previsões do futuro baseadas em informações históricas. Não que as previsões tivessem que ter um grau de acerto muito grande por razões que veremos mais tarde, mas eram melhores do que as previsões que não utilizavam os dados coletados a partir do tempo.

Na primeira metade do século 20 houve um aumento exponencial da quantidade de medição, registro e coleta de dados e informações.

Nesta época o crescimento da quantidade de dados ocorreu em velocidade muito superior a capacidade de processar e analisar. A falta de equipamentos de análise de dados foi o fato que impulsionou a indústria de computadores nos seus primórdios.

Até a década de 70 o processamento de informações em grande quantidade estava limitado a poucos organismos que podiam pagar pelo processamento eletrônico de dados (computador), cujo custo de operação começou a ser reduzido exponencialmente com o advento dos microprocessadores do fim da década de 70, mas que teve seu uso difundido e popularizado com os microcomputadores pessoais da década de 80

A computação eletrônica de dados mudou todo o paradigma de análise de dados e informações em menos de 30 anos.

Os dados que eram difíceis serem analisados até a década de 70 passaram a ser super analisados a partir da década de 90

O registro de dados e informações em “mídia” permanente como fitas e discos de todos os tamanhos e tecnologias desde dos magnéticos até os CDs digitais mais recentemente.

A disponibilidade destas informações foi multiplicada na década de 90 com a popularização da internet e o **World Wide Web**.

A avalanche de dados e informações tem soterrado o administrador. Neste mesmo período, porem as técnicas de análise e informações não evoluíram na mesma proporção.

Neste caso não estamos falando de capacidade de processamento de dados dos computadores, mas de capacidade das pessoas conseguirem chegar a alguma conclusão com base nos dados e informações disponíveis em profusão.

Basta por exemplo fazer uma busca de qualquer “verbetes” através de um “search engine” da internet para constatar que você pode acessar alguns milhares de referência a respeito de um assunto de interesse.

O problema aparece em extrair alguma informação que “preste” ou seja útil a partir de uma enorme quantidade de dados. Nos últimos anos, este fato tem mais confundido do que ajudado o administrador.

Um novo desafio para o administrador

O paralelo mais claro é o de minerar ouro numa montanha. Não é a toa que uma das técnicas mais recentemente desenvolvida, é de se trabalhar com “Data Warehouse”, armazém de dados e “Data Mining” mineração de dados para que possamos extrair somente aquilo que precisamos de modo a fazermos uma análise que nos traga informação ou conclusão que nos ajude nos processos decisórios (o mais importante) e que nos gere conhecimento a respeito do assunto que de certo modo nos vai trazer uma vantagem competitiva, do

mesmo modo que os egípcios conseguiram aprimorar sua agricultura ao poderem prever o regime de enchentes do rio Nilo há mais de 3000 anos.

Concluimos hoje que a informação em excesso, e abundante mas qualitativamente fraca, vem causando mais problemas do que a simples falta de informação.

Os administradores ainda não aprenderam a ser exploradores ou garimpeiros das informações disponíveis. Ainda não tem a habilidade de separar o ouro da grande quantidade de cascalho existente. E tal discernimento ainda não foi devidamente adquirido ou divulgado nos cursos tradicionais de administração de empresas.

Esta nova mentalidade vai exigir um misto de técnicas de origem matemática propriamente ditas, como a análise de dados, métodos estatísticos e de delineamento de experimentos combinado com o que chamamos de "pensamento estatístico". Esta mentalidade exige um grau de abstração e intuição necessários para que a interpretação dos dados seja adequada e que as conclusões não sejam influenciadas pelo "ruído" existente no excesso de informações pouco relevantes ou informações que são distorcidas pelo processo de coleta ou com algum tipo de viés.

Mais importante é poder combinar uma análise adequada e de base científica, com um certo grau de “intuição” baseada na experiência do “mestre”.

Esta combinação de técnica com experiência e conhecimento “insight” da administração de negócios vai ser a combinação de sucesso no futuro.

A Busca da Informação que Falta

O dilema do administrador atual é até mais grave do que podemos pensar.

Apesar dos dados e informações em demasia ele normalmente não tem a informação que ele precisa no momento.

A análise de dados históricos nem sempre vai trazer esta informação.

Para conseguir estas informações muitas vezes é necessário fazer experimentos, vide tabela T-I-1 (importância dos experimentos)

Experimentos podem ser feitos para se conhecer melhor um processo produtivo (causas, efeitos, interações, variabilidade) ou para se saber a respeito do mercado consumidor (preferências nos atributos, sensibilidades a vários fatores como preço, nível de qualidade aceitável, serviço).

Neste caso deveremos utilizar técnicas de delineamento de experimentos como a forma mais eficiente de conseguir a maior quantidade de informações a respeito do que não sabemos, a partir da simples análise de dados existentes.

Deficiências dos Dados Históricos

- **Confundem nas Variáveis Independentes**
- **Variáveis Independentes Numa Faixa Restrita de Dados**
- **Elevados Erros de Viés**
- **Observações Mal Feitas**
- **Dados e Informações Perdidas**

Tabela: T-I-1

Importância de Fazer Experimentos

Objetivos da Tese

Esta tese tem vários objetivos relacionados a saber:

- ❑ Apresentar e discutir técnicas de análise de dados que resolvam o dilema mais recente do administrador;
- ❑ Apresentar e discutir técnicas que visem melhorar a qualidade dos processos decisórios;
- ❑ Apresentar técnicas de delineamento de experimentos que auxiliem na implementação do programa de qualidade o Seis Sigma, Taguchi, Reengenharia de Processos e outras práticas de administração como pesquisa de mercado e administração financeira;
- ❑ Fornecer uma estrutura que venham a facilitar o uso destas tecnologias nas organizações.

Estes quatro objetivos estão relacionados entre si.

Se tivermos que resumir os quatro em um só poderia ser resumido na seguinte frase:

- Trazer ao conhecimento do administrador um conjunto abrangente de ferramentas de base estatística para solução de diversos problemas administrativos resultantes da implementação de novas tecnologias.

Um número importante destas novas tecnologias de gestão podem ser frutos de um modismo passageiro ou eventualmente ultrapassadas por outra mais recentes.

Podemos ficar tranquilos que independente do próximo nome ou sigla da moda, o trabalho base de análise de informações e experimentação vai continuar a fazer parte do elenco de ferramentas poderosas para melhoria de processos, solução de problemas ou apoiado à tomada de decisões.

Capítulo - II

Técnica de Análise de Dados

1. Introdução

Como já vimos no capítulo anterior não é de hoje que o homem enfrenta o dilema para interpretar e Analisar dados e informações coletadas e registradas. A habilidade das diversas civilizações e organizações sempre trouxe vantagens competitivas. Não é por acaso o poder obtido pelo clero e a nobreza na idade média. Eles dominavam a informação.

De forma semelhante ao que ocorreu no passado, as atividades de análise de dados e informações antes do aumento dos computadores de baixo custo costumavam a ser restrita as grandes organizações, governo das forças armadas, etc...

O primeiro computador ENIAC teve finalidade bélica (cálculos de balística). Antes dos computadores os cálculos eram tediosos e muitas vezes incompletos e cheios de erros e incorreções. Mesmo que os dados e as informações fossem corretas as interpretações feitas sem critério definido eram falhas e induziam a uma conclusão completamente divergente da análise dos fatos. O resultado dependia, em muito, do julgamento do analista.

A análise simplista não considerava todos os dados e informações e as análises complexas eram de uma forma ou de outra totalmente impraticáveis tanto devido às limitações dos métodos de cálculo como por ser tediosa, demorada e de custo elevado.

A eficiência da análise de informações é base para o processo decisório. As qualidades das decisões tomadas estão diretamente ligadas a qualidade das informações disponíveis o que ainda assim não garante a qualidade da própria decisão já que nem sempre a análise de informações passadas nos leve a concluir o que vai ocorrer no futuro.

Uma série de fatores que não foram levados em conta ou os mesmo adventos de uma nova tecnologia que altera os paradigmas anteriores faz com que muitas decisões do passado, mesmo baseados em dados e análises confiáveis ainda assim não resultaram em uma melhor decisão possível. Neste caso há uma mudança de paradigmas (ou descontinuidades) que afetam o resultado de análise histórica. Mais adiante vamos voltar a esse assunto e explorar como o experimento permite melhor avaliar a amplitude das variáveis.

2. O Pensamento Estatístico

Antes de nos atermos as dimensões técnicas de análise de dados vamos explorar um pouco o pensamento estatístico .

O pensamento estatístico é importante para que não se tome decisão errônea a partir das análises de dados. O pensamento estatístico e dado pela formação adequada em estatística, o que tem faltado em geral na formação do administrador de empresas pela forma que a estatística é ensinada tanto ao nível de graduação como de pós-graduação. ^{27, 66, 67}

O pensamento estatístico e baseado nos seguintes princípios:

- A – toda atividade ocorre em sistema de processos interconectados;
- B – A variação existe em todos os processos;
- C – O entendimento e a redução da variação é chave para o sucesso
- D – Boa parte da informação estatística poderá ser representada de uma forma gráfica adequada à análise

Os problemas relacionados à falta do pensamento estatístico podem ser relacionados abaixo:

- A – Conclusões precipitadas a partir de dados isolados ou instantâneos
- B – Falta de entendimento a respeito das variações normais e das que podem ser atribuídas a causas específicas
- C – O pouco entendimento de que o mundo é menos determinístico do que normalmente se acredita;
- D – Falta de entendimento de que um efeito pode ser causado por uma combinação específica de variáveis independentes, pela interação entre elas ou mesmo por causas externas de variáveis que não foram consideradas ;
- E – Processo decisório baseado em opiniões ao invés de fatos

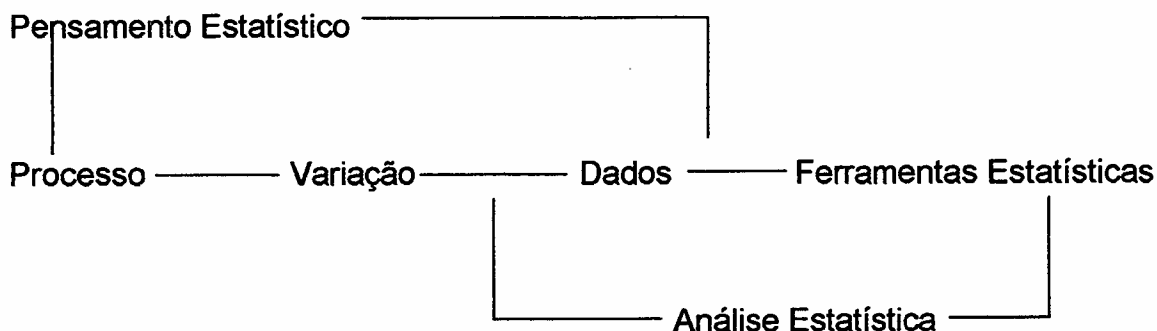
Esta falta de pensamento estatístico é que faz com que as organizações trabalhem sob critérios não estatísticos do processo decisório.

O famoso “eu acho que” ou decisões baseadas no desespero de causa como “as vendas deste mês estão 20% mais baixas que no mês passado e temos que reverter o quadro nos últimos cinco dias úteis”.

Ou mesmo de não entender muitos fatores e variações são causados por fatores aleatórios e interação entre os diversos fatores.

O pensamento estatístico é mais importante do que o uso dos métodos estatísticos apesar de um não excluir o outro.

O melhor esquema é o que apresentaremos a seguir:



Com o aumento das planilhas de calculo computadorizadas como o “EXCEL” bem como os programas de analise estatística como o SAS o uso de ferramentas estatísticas ficou disponível a um grande número de usuários. No entanto a falta de pensamento estatístico tem dificultado a interpretação das inúmeras analises que podem ser geradas a partir destes programas. Além do mais esta grande quantidade de informações tem complicado ainda mais o processo decisório e não resolvido o mesmo.

Britz et al dão um bom exemplo de como examinar o pensamento estatístico no artigo “HOW TO TEACH OTHERS TO APPLY STATISTICAL THINKING” no seu artigo na revista Quality Progress de junho 1997.⁷

3. A análise estatística

A estatística tem nos ensinado a interpretar as informações e dados que dispomos ou que sejam possíveis coletar

O curso tradicional de estatística na escola de administração tem penetrado como fazer análise comparativas de médias e variação bem como a análise de series temporais regressão e projeções.

A estatística tradicional também tem lidado com o processo de seleção e tamanho de amostras representativas de um universo o que é bastante aplicado na área de pesquisa populacional bem como nos estudos de mercadologia.

Tem sido foco da análise estatística tradicionalmente ministradas a análises de series temporais bem como as regressões com finalidade de projeções do futuro através de tendências dos dados e informações históricas.

Não tinha o objetivo de detalhar todas as análises estatísticas mas apenas de apresentar em que área e quais as técnicas mais utilizadas.

Neste ponto poucos graduados em administração se aventuraram, até por desconhecimento da utilidade, em fazer análises de variância ou mesmo análise multidimensional de qualquer tipo, razão pela qual as conclusões, muito simplistas, da análise tradicional univariável, totalmente diversa do que já discutimos nos pensamentos estatístico.

Num outro extremo durante o final da década de 60 e início da década de 70 o aumento de computadores mais poderosos e que permitiam o processamento de matrizes de grande porte levou alguns autores a acreditar que um modelo de empresa poderia ser representado adequadamente por uma série de equações lineares como os métodos utilizados até hoje pela econometria. Um número bastante expressivo de variáveis dependentes poderia ser adequadamente previsto por uma grande quantidade de variáveis independentes.

A aplicação destes métodos na prática ficaram restritos a processos restritos de otimização linear ou quase lineares como os abordados hoje pela pesquisa operacional.

A pesquisa operacional tem sua aplicação bastante difundida mas se atém a poucos problemas relativamente restritos e que podem ter um modelo bem completo das relações de causa e efeito

Mesmo com o aumento de computadores mais poderosos nas décadas de 80 e 90 ainda não há resultados práticos de um modelo matemático, que até pode ser de razoável complexidade para explicar as operações de uma empresa. A quantidade de variáveis é enorme e há variáveis sob as quais não existem controles como por exemplo a dinâmica do mercado consumidor por exemplo.

O grande modelo que poderia simular uma empresa com razoável preditabilidade foi posto de lado já que mudanças estruturais ocorreram nas últimas décadas.

As tentativas de desenvolverem programas e linguagem de computadores com base na inteligência artificial tiveram como resultado aplicações muito específicas como os sistemas especialistas de bons resultados (Exemplo : avaliação de linha de crédito do American Express).

O computador inteligente do filme “2001 uma odisséia no espaço” continua sendo ficção no próprio ano de 2001.

A análise de dados de um grande número de variáveis ficou dificultada na última década e principalmente na segunda metade dos anos 90. A popularização da internet e principalmente do “World Wide Web” colocou a disposição do administrador uma quantidade de informação jamais vista ou prevista no começo da última década.

O problema é o dilema do administrador passou a ser a falta de informação para informação em demasia.

Banco de dados gigantescos foram criados e quase na maioria das vezes apenas ocupam “mídia” como fitas, discos ou cd-rom.

As informações são de tal perplexidade que um autor que pesquisa um determinado verbete em uma das “máquinas” de pesquisa da internet pode ter como resultado mais de 1000 referencias sobre o assunto sendo que menos de 10% das referencias serão de qualquer utilidade.

O processo de análise começa por um filtro dos dados que possuímos como a primeira etapa da interpretação do que temos. Os dados devem ser relevantes e importantes para a análise que tem como finalidade o processo de tomada de decisão.

Como filtros podemos citar até alguns progressos de pesquisa de grandes bancos de dados chamados de “data mining” que visam extrair o essencial de grandes quantidades de dados.

Por outro aspecto há um desenvolvimento de alguns parâmetros de desempenho específicos que permitem a comparação.

4. Visualização Gráfica

Uma das ferramentas mais poderosas da análise estatística é sem dúvida análise gráfica e a elaboração de gráfico e a posterior análise gráfica.¹³

Horace Andrews, um professor famoso de Rutgers University na área de estatística sempre fazia o seguinte comentário aos seus alunos de pós graduação:

- Faça um gráfico antes, durante e depois de qualquer análise estatística.⁶⁵

Num gráfico bem construído podemos observar tendências, variações, interações entre variáveis e diversas variáveis ao mesmo tempo. O livro de Edward R. Tufte; "The Visual Display of Quantitative Information"⁷⁴ apresenta critérios para excelência gráfica a saber:

A excelência em gráficos estatísticos consiste de idéias complexas comunicadas com clareza, precisão e eficiência.

O gráfico deve:

- mostrar os dados
- induzir o leitor a pensar na substância ao invés da metodologia gráfica utilizada
- evitar distorções a respeito do que os dados tem a dizer (erros de escolhas por exemplo)
- apresentar muito números em espaço reduzido
- encorajar o olho a comparar diferentes partes de dados
- revelar os dados em diversos níveis de detalhe
- servir a um propósito claro: descrição, exploração, tabulação ou decoração
- estar integrado com a estatística e descrição verbal do conjunto de dados
- o gráfico deve fazer “ revelações” a respeito dos dados

O gráfico bem feito pode ser mais preciso e revelador a respeito de um conjunto de dados do que a análise estatística ou uma listagem tabular dos mesmo.

Não é por acaso que quando o professor J.Edwards Deming esteve no Japão na década de 50 ele implementou uma série de gráficos já utilizados no controle de qualidade como as “ Cartas de Controle “ ⁶⁴ que depois foram aperfeiçoadas por Kaoru Ishikawa para o desenvolvimento dos programas de controle de qualidade CCQ redefinindo-os como as sete ferramentas do Samurai. ³⁵

Estas ferramentas que incluem os diagramas de Pareto, gráfico de causa e efeito (espinha de peixe) ou diagrama de Ishikawa, histograma, gráficos sequenciais entre outros, permitiram que conceitos estatísticos relativamente avançados como análise de variância, pudessem ser transmitidos eficientemente a nível de chão de fábrica e discutidos abertamente com os operadores que possuíam apenas nível secundário e nenhum conhecimento formal de estatística.³⁶

Uma das principais aplicações dos gráficos no âmbito do CCQ era de identificar medidas ou dados que estavam muito fora da normalidade(distribuição normal) e que teriam mais causas específicas para estarem com parâmetros muito fora das faixas de controle ou superior a dois sigmas acima ou abaixo do valor médio de variação, o que deveria compreender 95% dos casos.

Este enfoque na administração da qualidade por exceção foi um dos pilares que resultaram na melhoria significativa dos produtos japoneses que até hoje são considerados um dos melhores do mundo.

Com o advento dos programas gráficos por computadores, programas estatísticos e planilhas de cálculo com recursos embutidos de estatística e gráficos tem sido relativamente fácil construir gráficos de grande complexidade.

O problema é que os gráficos não seguem os preceitos de Tufte e podem até confundir o leitor ou observador ao invés de ajudá-lo a interpretar os dados.

Aparentemente isto não parece ser um problema de tecnologia se analisarmos o gráfico feito por Charles Joseph Minard em 1869 a respeito da fatídica campanha de Napoleão em 1812 e 1813 no livro de Tufte. Este gráfico pode ser considerado até hoje uma obra de arte pela quantidade de informação a respeito do número de soldados franceses geograficamente distribuídos no tempo e com informação da temperatura no inverno russo como uma das grandes causas do trágico fim do grande exército de Napoleão.

Este realmente é um gráfico que vale por mil palavras, apesar de ter sido feito há mais de 130 anos.

Atualmente na prática da administração os programas gráficos tem sido muito utilizados como ferramentas para análise do mercado acionário nas bolsas de valores e mercadorias.

Hoje é mais fácil solicitar uma estatística descritiva completa de um programa de computador do que fazer um gráfico.

Basta ter uma tabela de “x” e “y” e apertar o comando “STATS” .

Os gráficos são mais reveladores para identificar pontos fora do padrão ou não, consistentes com o resto do conjunto de dados que podem até ser causa de um erro de medição ou atribuído a causas especiais.

A combinação de gráficos bem feitos com a análise estatística adequada tem um valor inestimável para a análise dos dados na administração dos negócios.

Capítulo III

DECISÃO, RISCO E INCERTEZA

O executivo é um tomador de decisões por profissão. A incerteza e o seu grande oponente e superá-la a sua missão.

As nossas decisões forma a nossa vida e nossos negócios. Feitas consciente e inconscientemente boas ou más conseqüências elas representam a ferramenta fundamental a nos depararmos com oportunidades, desafios e incertezas da vida.

Um dos benefícios de um enfoque compreensível para aprimorar o conhecimento corporativo É o de melhorar as possibilidades de se tomar melhores decisões. Quanto mais sabermos a respeito dos nossos negócios, mercados, ambiente econômico, melhor preparados estaremos para tomar decisões de melhor qualidade.

Infelizmente, apenas ter melhores informações não assegura a qualidade da tomada de decisões. O processo de tomada de decisão é complexo, envolve a consideração das incertezas e avaliação das conseqüências e dos comprometimentos (trade-off).

Podemos também cair em armadilhas psicológicas a medida que prosseguimos com o processo de tomada de decisão.

Em outras palavras nós podemos aprender como tomar melhores decisões e tomar decisões mais bem sucedidas.

Algumas decisões que fazemos não podem ser alteradas ou modificadas posteriormente.

Em outros casos a decisão pode ser alterada quando se muda de opinião, mas a um custo muito elevado.

Tem uma série de decisões que fazemos na vida normalmente. Se a decisão anterior não é a melhor, as decisões subsequentes nunca não poder melhorar o resultado que teríamos se tomássemos a melhor decisão a princípio.

Este aspecto fica claro se observarmos a árvore de decisão (Diagrama D-III-1 pág. 28).

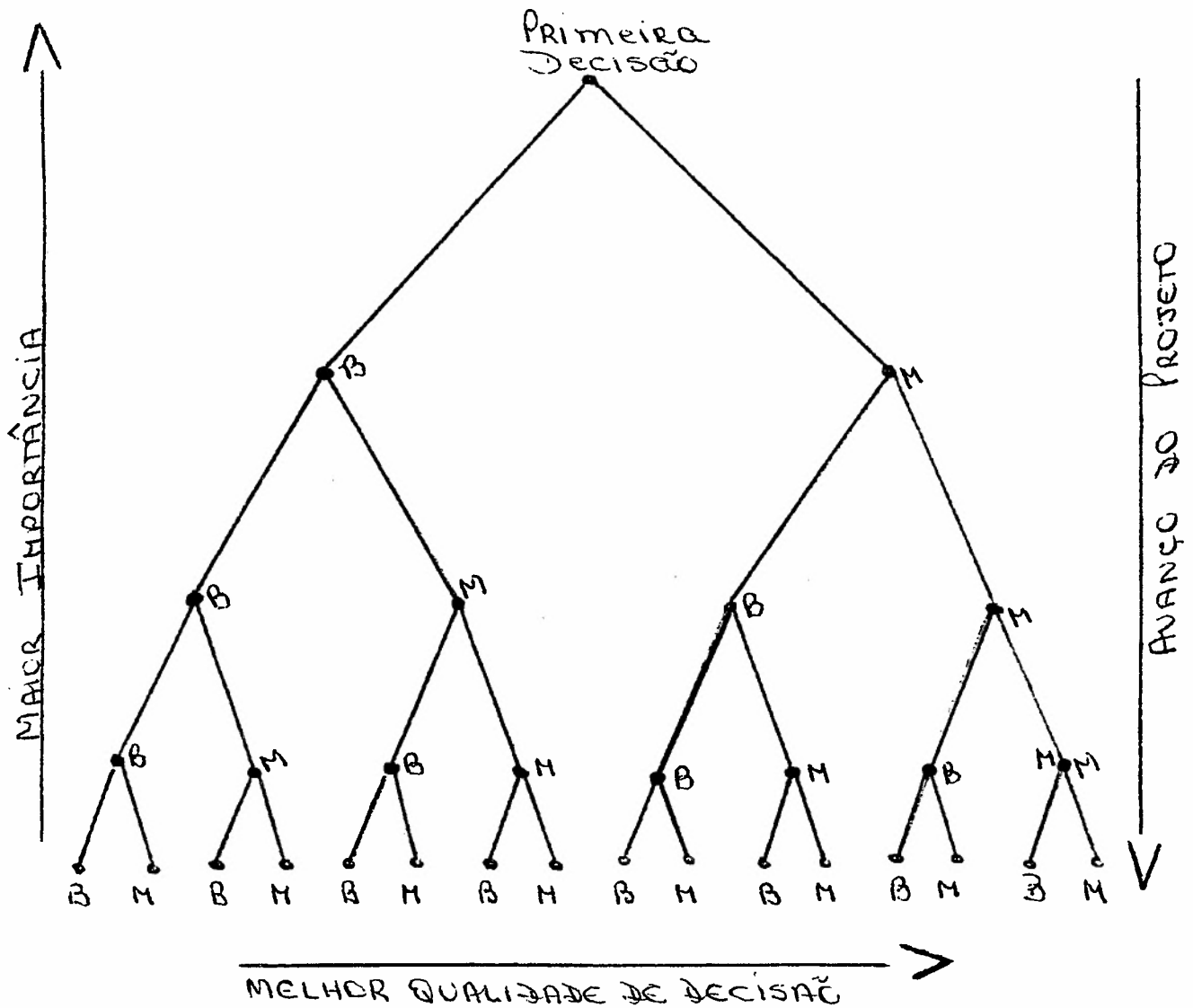
Um exemplo típico é quando por exemplo decidirmos construir uma casa e escolhermos o local da cidade ou o terreno inadequado (primeira decisão). A casa pode ter sido projetada pelo melhor arquiteto e executada com os melhores materiais ou mesmo ter todos os luxos.

IMPACTO DO PROCESSO DECISÓRIO

TIPOS DE DECISÃO:

$$B = 1200$$

M = melhor



No entanto a decisão de construir no lugar errado não vai fazer com que nada disto tenha importância. O local é ruim e ponto final. Se por acaso a decisão for de vender a casa não se consegue nem repor o custo da construção.

A decisão teve um impacto negativo no patrimônio do proprietário.

A única maneira de melhorar as suas possibilidades de tomar boas decisões é aprender uma metodologia que melhore o seu processo decisório.

Um que vai levá-lo a melhor solução baseada no que você sabe e com a menor perda de tempo, dinheiro e compostura.

Um processo de tomada de decisão deve abranger estes seis critérios:

- Deve focalizar no que é importante.
- Deve ser lógico e consistente.
- Deve levar em conta fatores objetivos e subjetivos e mesclando o pensamento analítico e intuitivo.
- Deve requerer apenas tanta informação como a necessária para a solução do dilema em particular.
- Deve encorajar e guiar a obtenção de informação relevante e opiniões bem informadas.
- Deve ser direto, confiável, fácil de usar e flexível.

A medida que estruturamos o esqueleto do processo decisório, nós reconhecemos o que já sabemos que é importante para o processo decisório e o que precisaríamos saber a mais, a relevância do que é importante aprender e qual é o valor da informação adicional. Poderemos também tentar entender as incertezas por trás do processo de tomada de decisão.

Um dos fatos que temos que entender a respeito do processo decisório está relacionado com o comportamento emocional da pessoa que está tomando a decisão.

Como sabemos, em muita das incertezas, pessoas diferentes tomam decisões distintas relativas ao mesmo problema e munidas das mesmas informações. Todos nós temos diferentes atitudes em relação ao risco. Podemos ter tanto aversão ao risco (pessoas conservadoras) como atração ao risco (personalidade de jogador de cassino).

A mesma pessoa pode tomar diferentes decisões baseadas no seu humor atual e tomar uma decisão totalmente diferente no dia seguinte. O humor altera-se com o ambiente econômico.

Quando a economia está crescendo ou há um crescimento no mercado que nos interessa temos a tendência de ser otimistas demais. Assim, como seremos

muito pessimistas em períodos de economia recessiva ou de mercados em retração.

A natureza humana relacionada com o risco é apresentada muito bem no livro de Bernstein

“ AGAINST THE GODS: THE REMARKABLE STORY OF RISK “ .⁴

O primeiro e mais importante relato deste aspecto da natureza humana foi apresentado por Bernoulli no seu trabalho apresentado no Imperial Academy of Sciences em São Petersburgo em 1738 “ Specimen Teoriae Novae de Mensura Sortis “ “ Exposição de uma nova teoria de medição de risco “

Uma descoberta revolucionária deste trabalho é de que o valor de um item não é baseado no preço mas sim na sua utilidade resultante para quem adquire .Uma outra descoberta é de que a utilidade resultante de um pequeno aumento da riqueza é inversamente proporcional as riquezas já possuídas.

No caso específico do processo decisório é que a utilidade de uma decisão não está direta ligada ao valor esperado calculado pelas probabilidades matemáticas do resultado.

A utilidade depende das circunstâncias particulares da pessoa que fez a estimativa do resultado.

Os estudos de Bernoulli explicam porque, em geral, pessoas preferem evitar perdas ao invés de apostar em maiores ganhos, mesmo quando a probabilidade matemática é nitidamente favorável.

É também da natureza humana considerar os gastos e esforços já despendidos num determinado projeto como base para o processo decisório a respeito da próxima etapa do mesmo. Na verdade o que já foi aplicado no projeto até agora não tem nenhuma influência nos resultados futuros das decisões tomadas hoje.

Nossa tendência é de manter em nossas mentes que ao dar prosseguimento ao que já foi feito eventualmente reverteremos a nossa sorte e eventualmente vamos recuperar o dinheiro e esforço já investido. Este é o pensamento racional do jogador compulsivo. O jogador está perdendo muito dinheiro no cassino e tenta continuar apostando para recuperar o que perdeu mesmo que a possibilidade de recuperação seja probabilisticamente remota.

O que se perdeu “já está perdido” e a continuação do jogo só pode ser baseada no que está se apostando agora.

Infelizmente para o jogador compulsivo, a utilidade de continuar tentando é muito maior o valor da esperança matemática em continuar o jogo.

No exemplo da construção da casa a decisão deveria ser de abandonar a construção quando descoberto que o terreno que adquirimos para a construção da casa era um “ abacaxi “,

mesmo assim continuamos a investir na construção de um quase palácio.

Em outras palavras, nós não somos muito melhores do que o jogador compulsivo.

Na verdade não somos muito melhores do que o jogador compulsivo.

Quantas empresas vão à falência pelas mesmas razões.

ANÁLISE DE DADOS PARA O PROCESSO DECISÓRIO

O objetivo principal da análise de dados e informações é o de melhorar o processo decisório das organizações. É função do gerente tomar decisões baseadas em fatos e informações, incluindo as informações obtidas da análise estatística como vimos anteriormente.¹⁴

Um dos problemas é que os métodos mais avançados de análise de risco e do processo decisório são pouco implementados na prática.

A decisão é na maioria das vezes baseada mais em sentimentos e opiniões do que no resultado de uma análise estatística consistente e a avaliação da probabilidade de risco.

Mesmo a partir de informações e análises estatísticas de boa qualidade o processo decisório é muito falho e pouco eficiente.

Podemos citar casos onde a qualidade de decisão foi prejudicada por fatores como a aversão a risco, a indisposição de mudar ou abandonar decisões tomadas anteriormente, bem como o viés de utilidade .

Apesar de ministrados nos cursos de administração uma metodologia que faça com que os gerentes tomem melhores decisões, tem tido pouco respaldo na prática da administração.

Um dos exemplos de como a qualidade das decisões podem ser melhoradas é o de utilizar uma técnica como o Pr.O.A.C.T. mencionado por Hammond no livro Smart Choices.³²

Neste livro são mencionados oito elementos do processo decisório.

O problema – definir claramente

Os objetivos – estabelecer os mais relevantes

As alternativas – listar o maior número delas

As consequências – das decisões tomadas

As incertezas - Ter uma avaliação correta

A tolerância ao risco – aversão ou atração (jogador de cassino)

As decisões correlatas – outras decisões que afetam ou podem ser afetadas pela decisão em estudo.

Um outro problema no processo de tomada de decisão, é que as decisões não são únicas. O processo decisório é caracterizado por uma série de decisões em sequência e algumas decisões paralelas que afetam a qualidade ou o resultado final.

A qualidade final vai ser a melhor possível, se você sempre tomar a melhor decisão cabível a cada etapa. No caso da primeira decisão que fique apenas dentro do razoável, o resultado ficará muito aquém do ótimo, independente das decisões posteriores.

“ A ótima decisão posterior não melhora a má decisão anterior ”.

Há casos de que você tem que voltar ao nível anterior do seu processo

decisório e recomeçar tudo novamente.

Assim como em muitos casos, verificamos o que ocorreu: foi que as pessoas ficaram tão comprometidas com as decisões já tomadas anteriormente, que não houve coragem para mudar o que já tinha sido feito.

Um bom exemplo seria jogar fora o projeto de um automóvel ou aparelho eletrônico sofisticado e recomeçar da estaca zero.

Poucas empresas ou gerentes se atrevem a fazê-lo.

A resistência à mudança é uma das causas mais freqüente do insucesso empresarial.

O processo decisório sempre envolve um grau de incerteza. A decisão é um ato de escolher a melhor opção para uma situação que ainda não ocorreu. A incerteza é a inimiga da decisão de qualidade. Muitas vezes podemos obter informações sobre aquilo que não sabemos. As informações podem ser avaliadas, pesquisadas ou mesmo comparadas no mercado. A metodologia de análise de risco e decisão, permite avaliar o valor de cada informação de forma a minimizar as incertezas advindas do processo decisório. Alguns autores usam do artifício de contratação de um “ clarividente “ que pode obter a informação para reduzir o risco futuro por um pagamento pelos serviços de clarividência .

Este artifício nos ajuda a avaliar se há necessidade de se obter uma nova informação a um certo custo como por exemplo uma pesquisa de mercado ou

uma análise de valor futuro do preço do petróleo, ou, até o desenvolvimento de um produto mais aprimorado um laboratório que minimiza os riscos potenciais da introdução de um produto já existente no mercado.

Nas próximas páginas vamos abordar alguns aspectos do Pr.O.A.C.T

“Problems, Obbjetives, Alternatives, Consequences, Trade-Off” em mais detalhes e de como o processo decisório pode ser melhorado sensivelmente independente das incertezas que temos pela frente.

Descrevemos a seguir:

Cada um dos elementos do Pr.O.A .C.T

Trabalhe no problema decisório certo

O que você precisa decidir? Qual é a academia ginástica que você quer se filiar ou é melhor ter equipamentos de exercício em casa?

Contratar um gerente para o departamento de informática , ou, contratar uma empresa de informática para administrar este setor ?

A forma que você estrutura o problema pode fazer toda a diferença. Para escolher bem, defina o seu problema cuidadosamente evitando preconceitos que limitem as opções.

Especifique seus objetivos.

A sua decisão deve levá-lo aonde você quer ir. Se for contratar alguém, o que você espera?

Uma pessoa disciplinada, criativa que trabalha bem em equipe ? Você quer alguém com larga experiência ou que traga uma nova perspectiva ?

Pergunte a si mesmo o que você quer cumprir. Quais são os seus interesses, valores, medos, preocupações e aspirações ? O pensamento nos seus objetivos indicará a direção a seguir na tomada de decisão.

Crie alternativas com imaginação

As suas alternativas representam curso de ação distintas para escolher. Você deve tomar partido em brigas de família ? Deve buscar uma solução

conciliadora. Se você não tiver alternativas distintas você não deveria estar enfrentando uma decisão.

Você considera realmente todas as alternativas ? Lembre-se, a sua decisão nunca será melhor do que sua melhor alternativa.

Entenda as conseqüências

Por trás de cada alternativa existem um número de conseqüências. Sair do trabalho de executivo e abrir uma pousada em Troncoso pode ser muito bom para você. E as conseqüências para a carreira da esposa, educação dos filhos ou na situação financeira?

Uma avaliação das conseqüências permite identificar quais delas melhor atendem aos seus objetivos : Todos os objetivos.

Trabalhe com os comprometimentos (trade-off).

Como muitos objetivos são conflitantes você precisa chegar há um equilíbrio. Parte disto têm que ser sacrificado em favor daquilo. Se sua carreira é importante que tal a sua vida familiar.

Se você reduzir as horas extras e viagens você possivelmente pode “ perder o pique “ na sua carreira ou ganhar menos, mas você ganhará mais tempo com a família. Não existe alternativa perfeita em decisões complexas. Diferentes alternativas preencher um elenco distinto dos objetivos. O seu objetivo é fazer escolhas inteligentes dentre as possibilidades menos que perfeitas, para isto, você deve estabelecer prioridades e abertamente levar em conta o comprometimento entre objetivos conflitantes.

Esclareça suas incertezas

O que vai ocorrer no futuro e quais são as possibilidades de que isto ocorra ?

Para decidir quanto dinheiro você vai guardar como “pé de meia” para aposentadoria depende de uma série de incertezas que incluem a situação econômica do País (inflação) que se espera receber da previdência do governo ou privada. O estilo de vida após aposentadoria ou até a época para se aposentar.

A incerteza faz com que as escolhas sejam mais difíceis . O processo eficaz da decisão exige que você analise as incertezas julgando a possibilidade delas ocorrerem. Pense na sua atitude perante ao risco.

Quando se trata de incerteza as coisas nem sempre ocorrem como planejado.

Um transplante de medula pode não curar o câncer. Um investimento de pouco risco pode dar para trás. A conscientização da sua vontade de aceitar ou não o risco tornará o seu processo decisório menos traumático.

Considere decisões encadeadas ou sequenciais.

A sua decisão de hoje pode influenciar suas escolhas amanhã. As suas metas futuras podem influenciar as suas escolhas atuais, portanto, muitas decisões importantes estão ligadas no tempo.

Se o governo desapropriar terrenos agora, para construir uma nova estrada juntamente estará evitando a especulação imobiliária e possível resistência da comunidade a construção da estrada.

A chave de se lidar com decisões encadeadas é que podemos ir resolvendo os problemas de curto prazo enquanto obtemos informações a respeito do que pode ocorrer no futuro.

Fazendo ações sequenciais você pode ir explorando o que você aprendeu pelo caminho. Você vai fazer o melhor apesar do mundo incerto.

Capítulo IV

Geração do conhecimento: “Business Intelligence”

Abordamos em vários capítulos desta tese uma série de ferramentas para uso na administração: análise estatística de dados, incerteza, risco e processo decisório, modelo matemático de delineamentos de experimentos e suas aplicações em diversas áreas.

Até aqui parece que tivemos uma diversidade de técnicas e ferramentas de base estatística que serviram para algumas aplicações específicas dentro da administração como por exemplo os programas de qualidade Seis Sigma.

Na verdade todos estes elementos estão presentes nos novos livros de uma área da administração que está sendo intitulada de “**Business Intelligence**”.

20,47

Em 1999 foi apresentado um seminário aberto, coordenado pela Business School São Paulo onde se discutia como algumas destas técnicas apresentadas tinham muito a ver com “Business Intelligence”.

As análises de dados e sua interpretação geram o conhecimento dentro das organizações. As outras técnicas colocaram este conhecimento num patamar ainda mais elevado, como os processos de análise e apoio à decisão. Muitas vezes o conhecimento atual da organização era pouco ou insuficiente para que fossem utilizados como vantagem competitiva. Nestes casos o objetivo era o de utilizar ferramentas mais poderosas para aumentar o conhecimento.

O seminário era composto de três módulos.

Primeiro módulo: **Do Caos à Coerência.**

Neste módulo eram abordados os caminhos dos dados para informação e da informação para o conhecimento.

As ferramentas desenvolvidas neste módulo foram as de análise de dados, descobrimento e “Data Mining”.

Este módulo também abordava a experimentação, a simulação e a pesquisas para obter conhecimento.

No final deste módulo, incluía-se o uso de novas tecnologias para criar o conhecimento, como os sistemas de apoio á decisão ou informações ao executivo, incluindo a utilização da Internet.

Segundo módulo: **Administração do Conhecimento e e Empresa no**

Aprendizado: “The Learning Organization”.

Neste módulo estudamos os exemplos de empresas que possuem uma sistemática de aprendizado conhecida como “The Learning Organization”.²⁶

Analizamos também o “Business Intelligence” como meio de analisar tendências em tecnologia, economia, política e marketing, tanto sua evolução, como na descontinuidade devida a rápida mudança da tecnologia.

Incluimos neste módulo uma discussão a respeito do julgamento e processo decisório, e de como implementar, uma técnica de apoio ao processo decisório como discutimos no Capítulo VIII da tese. Exploramos o uso da pesquisa de mercado e do “Benchmarking”⁷⁹ como ferramentas adicionais para aquisição e aprimoramento do conhecimento dentro das organizações.

Terceiro módulo: **Uso Estratégico do “Business Intelligence”**

principalmente para monitorar a concorrência, fornecedores, mercados e clientes.

Discutimos o uso do “Business Intelligence” no planejamento estratégico assim como nos modelos de simulação e experimentos para solução de problemas específicos.

Como podemos notar todas as ferramentas discutidas nesta tese podem fazer parte de um conjunto de tecnologias para melhorar o conhecimento dentro empresa.

O que não vamos abordar em mais detalhes e, que não faz parte desta tese, são os meios ou tecnologias para administrar o conhecimento dentro da organização “Knowledge Management”.²⁰

As técnicas abordadas nesta tese visam criar o conhecimento dentro das organizações com maior eficiência. Como qualquer outro conhecimento este pode ficar limitado a uma pessoa (a qual usou de uma certa técnica), ou a um pequeno grupo de pessoas ou a um departamento.

As empresas que não têm uma abordagem coerente de criação, retenção, uso e disseminação do conhecimento têm muita dificuldade em manter este conhecimento ou mesmo aplicá-lo de uma forma mais abrangente.

Para termos uma vantagem competitiva com o “Business Intelligence” é preciso que as informações e conhecimentos gerados sejam conclusivos, baseados em fatos e nos permitam tomar decisões e executar ações.

Em outras palavras estas ações ou decisões devem fazer diferença na fortuna da organização, ou seja, no seu sucesso econômico e aspecto competitivo (melhor do que a concorrência).

A estatística é conhecida como a ciência que lida com fatos ao invés de opiniões.

As empresas têm estruturado sistemas poderosos de computação do conhecimento, obtendo informação a partir de suas bases de dados. Esta tem sido uma forma inigualável para aumento de agregação de valor, aumento de vendas, redução de custos e satisfação dos clientes. Ferramentas avançadas nos permitem a descobrir padrões e relações entre os dados não perceptíveis anteriormente. O conhecimento empresarial tem rapidamente se tornado um dos **ativos** ou competências mais valiosas da sua atividade. Num futuro próximo você saberá tudo que se possa saber sobre o seu negócio.

As noções do “Business Intelligence” têm evoluído a partir de uma série de disciplinas com o apoio maciço da tecnologia da informação.

Diversos tipos de bases de dados, tanto as abrangentes e de grande porte, como as menores e de uso mais restrito, feitas sob medida para uma certa aplicação específica, bem como a disseminação e divulgação das informações por uso da Internet ou Intranet num ambiente dinâmico, têm levado a uma melhoria no processo decisório e de solução de problemas.

Os sistemas de apoio à decisão (DSS) permitem o desenvolvimento e teste de hipóteses ou perguntas, a partir de pesquisas com ferramentas sofisticadas como o “Data Mining” que detectam tendências, padrões e correlações escondidas num emaranhado de dados. Isto é o que chamamos de descoberta ou “Discovery”, no jargão mais moderno. O que propicia ao usuário uma base para ações, decisões, planos e políticas das empresas.

O uso da informação deixa de ser uma ferramenta tática e passa a ser um diferenciador estratégico.

As análises multidimensionais (MDA), também chamadas de processador analítico on Line (OLAP) a partir de bases de dados multidimensionais têm sido cada vez mais populares, principalmente após a criação de armazéns de dados “Data Warehouse” que tem se apresentado como bastante úteis para aplicação de análises multidimensionais (MDA) ³⁸, análises temporais ou mesmo análises de grupos e discriminantes. Estas últimas com características de agrupar ou fazer distinção entre sub-grupos diversos de dados. ⁵⁵

Como crítica a estes sistemas modernos, necessitamos ser muito criterioso no uso e aplicação destas tecnologias. Use o seu bom senso e espírito crítico.

Recentemente tive uma experiência própria em contato com uma empresa que possuía as ferramentas mais avançadas do sistema SAP-R/3, bastante populares em grandes empresas. Os relatórios SAP, com toda tecnologia

disponível, determinam com grande precisão, o custo de um produto feito numa certa linha de produção. Neste caso em particular a concorrência de produtos de baixo custo provenientes do sudeste asiático, fez com que esta linha de produção operasse com um elevado grau de ociosidade.

Os custos fixos e de depreciação alocados a esta linha de produto, faziam com que os seus custos ficassem ainda mais elevados do que os da concorrência. Um gerente com pouca experiência se baseava nos resultados de custo do SAP para estimar o preço de venda.

Com esta postura os preços de venda tiveram que ser majorados para todos os clientes e havendo uma perda ainda maior das vendas.

As decisões como a de aumentar os preços foram baseadas em relatórios perfeitamente corretos feitos pelo modelo financeiro SAP-R/3 mas, induziram ao gerente a tomar decisões incorretas. A redução de volume de produção aumentou os custos fixos alocados a esta linha de produto. Por outro lado as forças do mercado e da concorrência presente forçavam uma redução do preço de venda, logicamente a empresa entrou num círculo vicioso de vendas cada vez menores e prejuízos cada vez maiores.

Fica claro a partir deste exemplo que as técnicas de “Business Intelligence” por mais perfeitas que sejam, podem levar os gerentes a tomarem decisões erradas

por falta de “Bom Senso” do profissional que apenas acreditou, piamente, nos relatórios e informações proveniente do sistema.

Há uma necessidade de prover a base de pensamento estatístico para que as pessoas não acreditem em todos relatórios e gráficos que caiam na suas mãos. As disciplinas de análise de dados e a experimentação consistente podem ajudá-los a permitir a um melhor entendimento dos resultados das análises recebidas.⁷

A quantidade de relatórios e gráficos, emitidos por programas de gestão como os da SAP, podem confundir da mesma forma que o excesso de dados, fez nos últimos anos com o administrador.

Além das ferramentas tradicionais de análise de dados e delineamento de experimentos, as técnicas de aquisição de conhecimento abrangem outras disciplinas.

Estas ferramentas tecnológicas complementam as ferramentas analíticas mencionadas acima.

A partir das grandes bases de dados “Data Warehouse”, podem ser desenvolvidos sistemas de apoio ao executivo e de decisão, bem como sistemas especialistas, um setor da inteligência artificial.

A inteligência artificial tem sido utilizada de forma mais limitada porque, na prática os sistemas especialistas ficaram restritos a áreas bastante definidas. Só para citar um exemplo, o sistema especialista mais divulgado, até agora, é o do cartão de compras American Express.

Como este cartão não tem limite de crédito pré-estabelecido, as decisões a respeito de autorização de uma compra têm que ser feitos no prazo de dez segundos. É o tempo que o sistema pode demorar para analisar o perfil de compras, perfil de pagamento e capacidade financeira baseado em um número de regras pré-estabelecidas.

Este programa além de economizar milhões de dólares anualmente para a Amex, também tem os critérios ou regras atualizados constantemente. A criação do conhecimento gerado pelo programa, assim como o seu próprio uso, traz vantagens competitivas para esta empresa em relação á concorrência.

O conhecimento é a última etapa da nossa trilogia :

“Dados > Informação > Conhecimento”.

Transformar informação em conhecimento é uma tarefa bem menos estruturada do que transformar dados em informações .

Algumas são as características de que a administração do conhecimento deve possuir.

O conhecimento é a informação com um componente de valor agregado.

O conhecimento pode ser adquirido em categorias a saber:

1. Conhecimento exterior (inteligência competitiva)
2. Conhecimento interno estruturado (resultados de pesquisas, desenvolvimento, marketing, materiais e métodos)
3. Conhecimento interno não estruturado (know how, bases de dados não elaboradas).

Fica aqui um parêntese: muitas vezes o que se chama de inteligência competitiva descreve os conhecimentos adquiridos através de meios ilícitos, como a espionagem industrial. Apesar da espionagem industrial existir na prática, a grande maioria das informações e conhecimento externos podem ser obtidos de forma plenamente lícitas. Desde informações divulgadas à imprensa, jornais e periódicos, contatos com clientes e fornecedores e relatórios emitidos pela concorrência. Muitas vezes a análise de um balanço da empresa concorrente publicada no jornal é muito mais útil do que se imagina.

Um trabalho de pesquisa bem feito, pode obter quase todas as informações necessárias sem fazer escutas de grampos telefônicos ou mesmo de contratar espões industriais ou até pagar pelas informações fornecidas por funcionários ou ex-funcionários das empresas concorrentes.

Uma das fontes mais confiáveis é conhecer a capacidade dos concorrentes e fazer um "benchmarking" das melhores práticas da administração em empresas líderes naquela prática (concorrentes ou não).

O conhecimento, tanto externo como interno, é uma combinação elegante de informação, análise de informações, conhecimentos específicos dos negócios, coerência corporativa, intuição num ambiente e estrutura favorável á disseminação interna do conhecimento.

Algumas empresas estão até indicando uma pessoa de alto nível na organização para ser o responsável pela administração do conhecimento.

Este executivo é conhecido como Chief Knowledge Officer (CKO).

Nas empresas de consultoria e mesmo nas de software o conhecimento é o ATIVO mais valioso do que os próprios escritórios em que trabalham. O escritório pode ser alterado sem qualquer perda para a empresa. Mesmo a

saída de funcionários não deve reduzir o conhecimento que se tornou uma *competência essencial* para a organização.

Este executivo é então o guardião do conhecimento sendo como um facilitador da sua criação, e cuja função é projetar uma infra-estrutura para dar suporte ao conhecimento. A função do CKO é basicamente de desenvolver uma estratégia para: aquisição, criação e manutenção do conhecimento. Um outro objetivo é o de administrar o valor do conhecimento e ser responsável por sua retenção e divulgação interna.

É importante salientar que o conhecimento tem valor tão importante ou maior do que um projeto de aquisição de uma fábrica por exemplo.

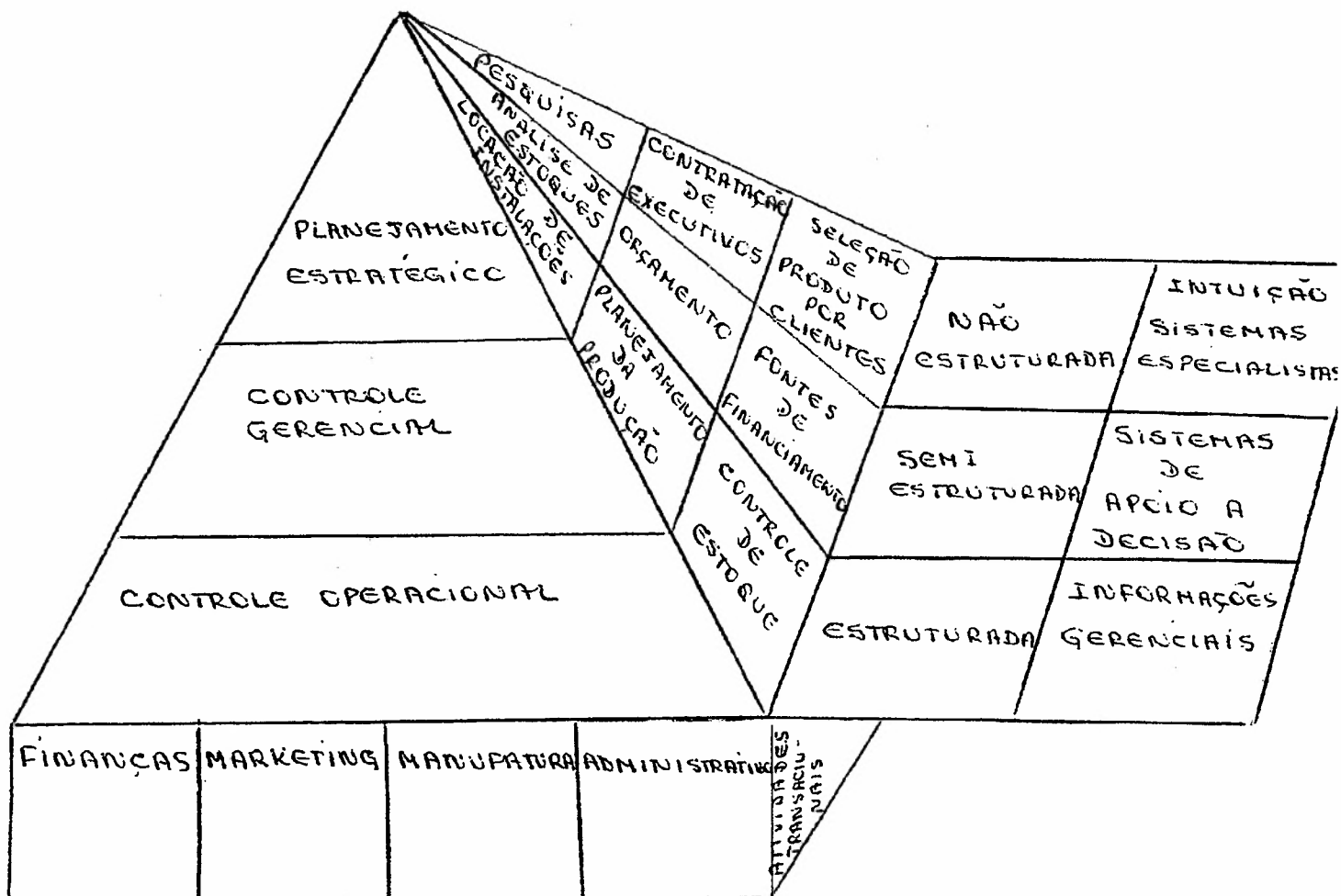
O projeto de geração de conhecimento deve ser tratado como qualquer outro projeto dentro da empresa e deve ter um retorno econômico.

É importante que a estratégia de administração do conhecimento leve em conta as diferentes necessidades de informação requeridas pelas diversas funções administrativas (finanças, marketing, produção, etc...). Os dados e informações devem ter formatos e conteúdos diferentes para cada uma das dimensões da atividade administrativa como representadas no diagrama **D-IV-1**

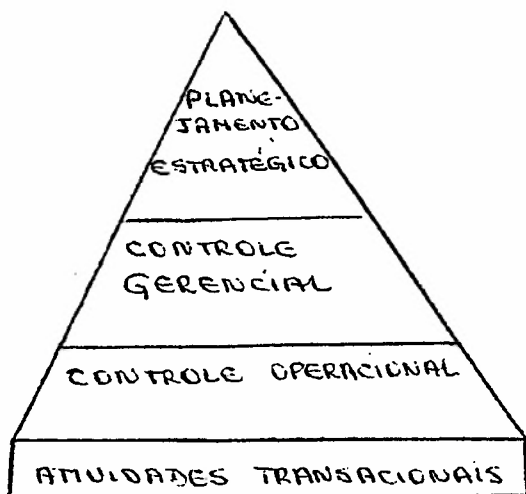
As informações devem ser específicas para as atividades transacionais, controle operacional, controle gerencial e planejamento estratégico e diferentes para atividades estruturadas, semi desestruturadas e não estruturadas.

(

DIMENSÕES DA ATIVIDADE ADMINISTRATIVA (D-IV-1)



← FUNCIONALIDADE DIMENSIONAL →



Capítulo - V

A ENGENHARIA DA QUALIDADE

Filosofia e Métodos Propostos por Genichi Taguchi

1 – Introdução

Hoje em dia, o nome de Genichi Taguchi tem sido freqüentemente mencionado nos meios de controle de qualidade, junto com W. Edwards Deming, Kaoru Ishikawa, e J.M. Juran. Sua popularidade atesta o mérito da sua filosofia de qualidade. No entanto a falta de comunicação e a complexidade de sua metodologia de experimentação manteve as suas idéias envolvidas dentro de uma aura de mistério.

O objetivo deste capítulo é de apresentar os elementos básicos da filosofia de qualidade de Taguchi dentro do contexto mais amplo das técnicas modernas de controle de qualidade.

Discutiremos também os conceitos de controle de qualidade “on-line” e “off-line” e os métodos de delineamento de experimentos utilizados no controle de qualidade “off-line”.

Para situar os métodos de Taguchi no processo evolutivo do controle de qualidade, deveremos conhecer a evolução do controle de qualidade nos últimos 60 anos.

2 – HISTÓRICO DA QUALIDADE

O controle de qualidade foi introduzido na indústria de modo sistemático a partir dos trabalhos iniciados por Shewhart ⁶⁴ em 1929 na divisão da Western Electric da AT&T norte americana.

Shewhart desenvolveu as primeiras cartas de controle de qualidade, sistemas de amostragem e liberação de produto com fundamentos da estatística aplicada.

Todos os trabalhos posteriores desenvolvidos nos Estados Unidos e Japão são baseados no livro de Shewhart publicado em 1931 o qual se tornou um clássico da área.

Ainda hoje as metodologias de aplicação industrial como o controle estatístico de processo são simples aplicações deste trabalho original.

Como consequência da evolução industrial dos últimos 60 anos, o controle de qualidade teve a sua evolução correspondente. Nesta evolução podemos citar duas dimensões da qualidade que foram enfatizadas nos trabalhos mais recentes e que tiveram grande importância para que as técnicas de qualidade atingissem o estágio atual.

O primeiro aspecto é o da contribuição do ser humano qualidade de todos os produtos e serviços . O homem é em última análise o responsável pela qualidade desde a concepção do produto, fabricação, controle, inspeção e fornecimento dos serviços que acompanham o produto.

O homem tem a habilidade e poder de interferir em todas as atividades de um processo, melhorando ou piorando a qualidade do produto final. O fator humano é particularmente importante quando estamos falando nos conceitos de qualidade dos setores terciários da economia (como os de serviço).

O crescimento do setor terciário na economia dos países mais desenvolvidos, colocou o aspecto do humano como figura central nos programas de melhoria. A partir da década de 60, autores como Crosby ¹⁵, Feigenbaum ²⁴, e Ishikawa³⁵ direcionarem seus trabalhos nos aspectos motivacionais e de trabalho em

grupo, os quais foram inicialmente tratados por Demings ¹⁷ e Juran ³⁹ na década de 40. Programas como o “FAÇA CERTO DA PRIMEIRA VEZ”, “CONTROLE TOTAL DE QUALIDADE” e “CÍRCULOS DE CONTROLE DE QUALIDADE” são utilizados por muitas indústrias e significaram avanços importantes, no melhor gerenciamento de qualidade e complementam as técnicas básicas introduzidas por Shewhart.

O segundo aspecto importante no desenvolvimento da tecnologia de qualidade foi o da aplicação de novas técnicas de base estatística, que permitissem uma melhor interpretação do que ocorre em todo o processo produtivo desde a concepção, matérias primas, efeito das diversas variáveis no processo produtivo, inspeção e controle e desempenho do produto final. É neste aspecto que as técnicas da Taguchi se enquadram.

A própria definição de qualidade como a de “adequação ao uso” de Crosby ¹⁵ nos indica que a inspeção e o controle estatístico de processos permitem uma maior consistência mas não asseguram a qualidade de produtos mal projetados ou de concepção inadequada ou cuja variabilidade intrínseca do processo produtivo seja mais alta do que o aceitável pelo mercado.

Desta forma fica evidente que o controle da qualidade do produto final sem o entendimento da complexidade das relações de causa e efeito e necessidades dos clientes, excede a potencialidade técnicas dos controles desenvolvidos por Shewhart. Com a finalidade de resolver estes problemas foram desenvolvidas tecnologias para a melhoria da qualidade de produtos.

Estas técnicas introduzidas a partir da década de 70 constituíram na terceira e mais recente etapa da evolução do controle de qualidade.

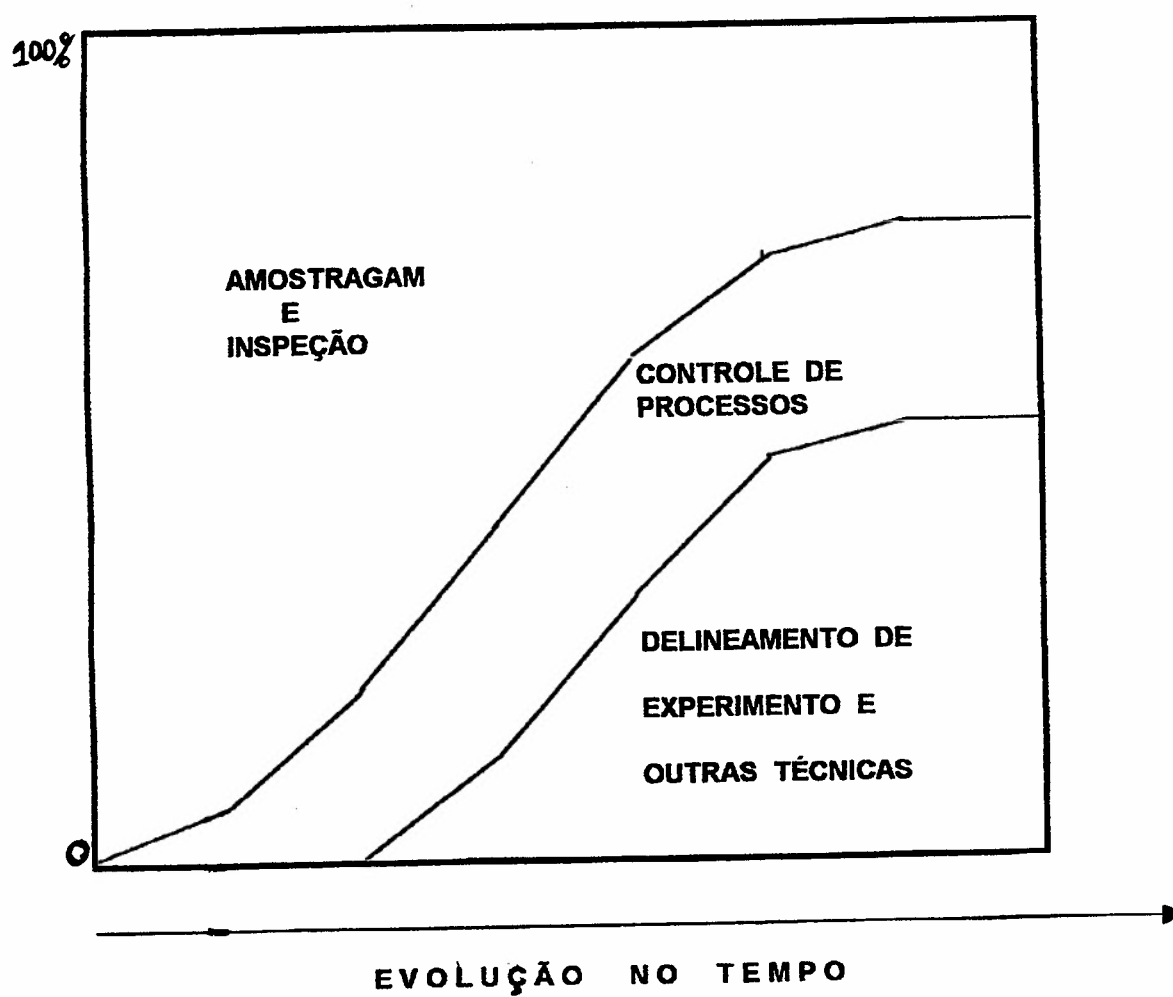
O objetivo do controle de qualidade, que inicialmente estava voltado para a amostragem e inspeção do produto final, passou no segundo estágio pelo controle do processo produtivo, e evoluiu para ter o seu novo enfoque na concepção do produto e nos processos de fabricação do mesmo.

A **Figura 1** mostra como este processo evolutivo ocorre nas empresas e como os esforços estão distribuídos em cada etapa da evolução.

O que estamos denominando no gráfico, por simplicidade, como “delineamento de experimentos” abrange também algumas outras técnicas que permitem um melhor conhecimento do desempenho do produto em uso e das relações de causa e efeito das diversas variáveis.

Figura 1.

MÉTODOS DE CONTROLE DE QUALIDADE



Além do delineamento de experimentos, a análise de variância, a pesquisa operacional, a análise do valor entre outras tem sido amplamente utilizadas nos últimos 15 anos com o objetivo de aprimorar a qualidade. O uso destas ferramentas leva a uma otimização dos recursos das empresas, o que permite o fornecimento de um produto de melhor qualidade ao menor custo total. O baixo custo de processamento de dados tem permitido a utilização dos métodos supra citados usando modelos cada vez mais complexos. Permitiu ainda, o desenvolvimento de um grande número de softwares de aplicação específica da área de qualidade a qual se destaca como uma grande usuária da computação industrial. Após o uso da nova tecnologia por várias empresas , principalmente no Japão, houve uma mudança na mentalidade empresarial vigente.

“ Possuir qualidade de conformação e consistência já não era mais uma garantia para o sucesso do produto ou até da longevidade da empresa”. O objetivo de “ fazer qualidade “ (projeto e processo) ao invés de “ controlar a qualidade” (inspeção e controle) passou a ser o lema da maioria das organizações industriais modernas.

3 – FILOSOFIA E MÉTODOS DE TAGUCHI

A filosofia de qualidade e os métodos estatísticos apresentados por Taguchi ⁷¹, inicialmente desenvolvidos em 1978, permitiram pela primeira vez uma abordagem sistemática do valor econômico da qualidade e da menor variabilidade no conceito de perda para a sociedade. Um outro aspecto foi o do uso de técnicas já conhecidas pela comunidade científica, como o delineamento de experimentos, na solução dos problemas de qualidade.

Taguchi ⁷² dedicou seus esforços no que ele denominou de “engenharia de qualidade” ou de “off line quality control “. A filosofia deste enfoque se distingue dos métodos tradicionais de CEP Controle Estatístico de Processos, que ficaram sendo denominados de “on-line” justamente por acompanharem o processo na linha de fabricação no dia a dia das operações. O conceito off-line abrange todas as etapas desde a concepção e projeto básico e funcional do produto, passando pelo estabelecimento dos parâmetros de operação e desempenho até o desenvolvimento do processo de fabricação. O que estamos fazendo nestas etapas é incluir os conceitos de qualidade desde o planejamento e não somente depois que a fábrica está produzindo.

As técnicas “off line” como o delineamento de experimentos, a avaliação dos parâmetros baseado em necessidades dos clientes e nas relações de valor, custo e benefício nos permitem desenvolver produtos nitidamente superiores aos da concorrência e eventualmente com menor custo de fabricação. Neste estágio a qualidade deixa de ser um problema a ser resolvido e passa a ser uma ferramenta estratégica na concorrência pela preferência do mercado.

As técnicas off-line foram utilizadas por vários setores industriais com importantes benefícios econômicos.

A engenharia da qualidade é particularmente interessante na aplicação em setores industriais onde as relações de causa e efeito não são evidentes ou totalmente conhecidas .

As indústrias que chamamos de processo como a indústria química, petroquímica, de alimentos, de papel e celulose, de materiais cerâmicos, siderúrgicas, e farmacêuticas para citar algumas são as que mais se beneficiaram desta nova tecnologia, principalmente devido à dificuldade de aplicação do Controle Estatístico do processo tradicional nestes ramos industriais.

4 – QUALIDADE, VARIABILIDADE E VALOR

Hoje em dia encontramos inúmeras definições do que é qualidade. Garvin²⁵ menciona 11 definições diferentes de qualidade dependendo do contexto ou aplicação. Taguchi nos apresenta uma nova definição: “Qualidade é a perda causada por um produto para a sociedade a partir da data de embarque”. Esta definição é no mínimo estranha, mas pode ser explicada facilmente. Segundo Taguchi, quanto menor forem as perdas á sociedade, o produto será mais desejável e considerado como de qualidade superior. Alguns exemplos de perdas para a sociedade incluem a não adequação ao uso, desempenho abaixo do ideal ou não consistente, e efeitos colaterais danosos causados pelos produtos. Apesar da definição não usual e possivelmente incompleta, ela abrange dois aspectos novos a saber:

A – determinação dos parâmetros ótimos de desempenho do produto de modo a atender as necessidades dos clientes e que minimizem as perdas para a sociedade.

B – Redução da variabilidade de desempenho do produto em torno do parâmetro otimizado.

Os aspectos acima estão bastante ligados ao conceito de valor pois um produto que atenda as necessidades de desempenho e com menor variabilidade é mais valorizado pelo mercado; o consumidor estará disposto a pagar um preço adicional por este produto.

Taguchi prova que a perda está relacionada com o objetivo de desempenho conforme indicado pela **Figura 2** e equação 1 a seguir. Observa-se que à medida que a característica de desempenho afasta-se do objetivo a função de perda cresce com o quadrado do desvio mesmo que o produto esteja dentro das especificações dos clientes $t+\delta$ e $t-\delta$. Esta perda pode ser avaliada e transformada num custo monetário.

$$L(Y) = K \cdot (y-t)^2 \quad \text{eq. 1}$$

Onde K = constante

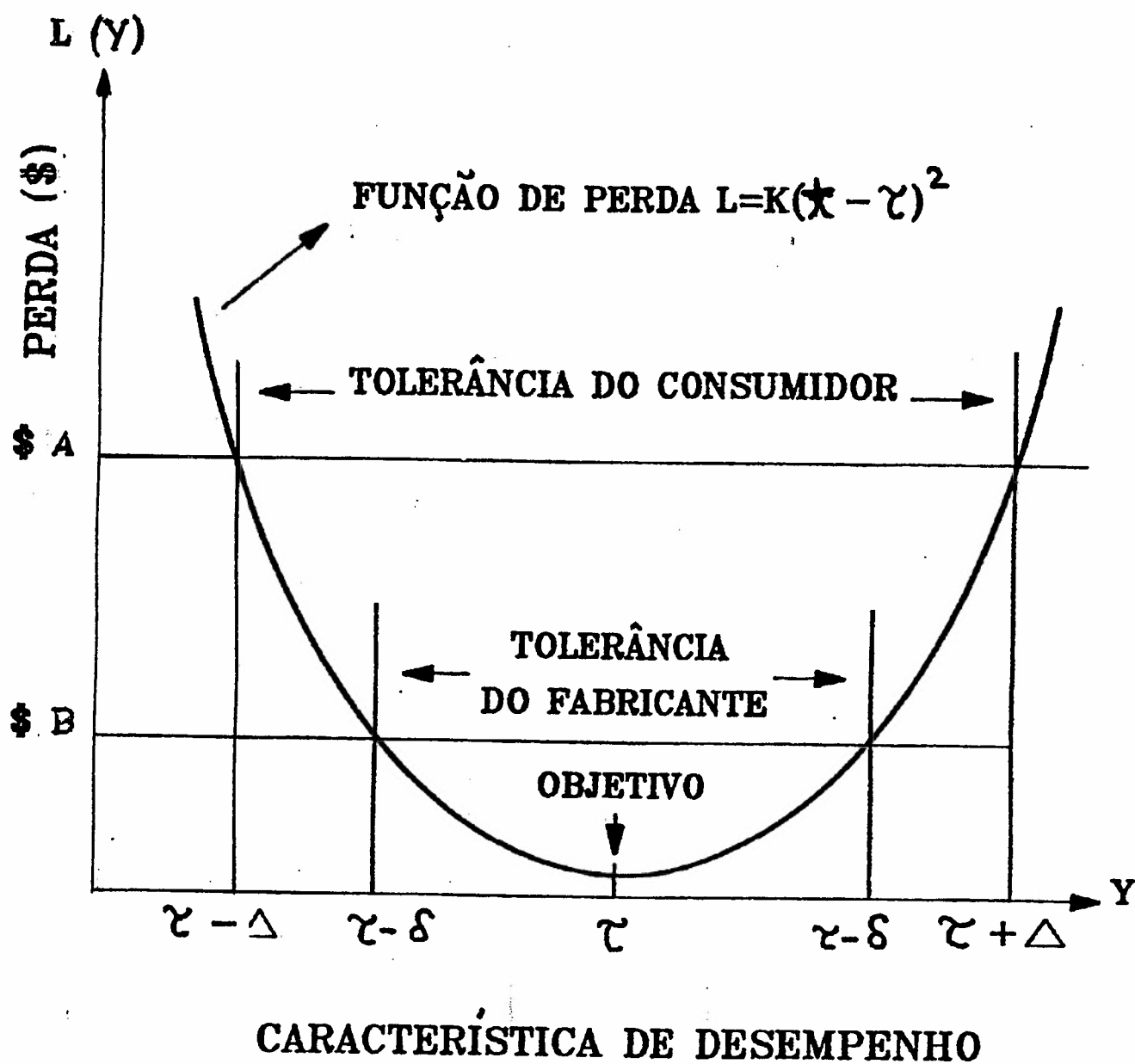
T = objetivo da característica de desempenho

Y = característica de desempenho de um certo produto

Um ponto extremamente importante e pode ser observado quando dois fornecedores de um mesmo produto, que atendam a mesma especificação do

Figura 2.

Perda em Função da Característica de desempenho, segundo Taguchi.



cliente. Um deles entretanto, apresenta uma menor variabilidade e outro segrega o que está fora de especificação durante o processo de inspeção.

A perda total será maior no caso de aquisição do produto com maior variabilidade, mesmo que o fornecedor garanta que todos os produtos estão dentro das especificações, está como mostrado na **Figura 3**.

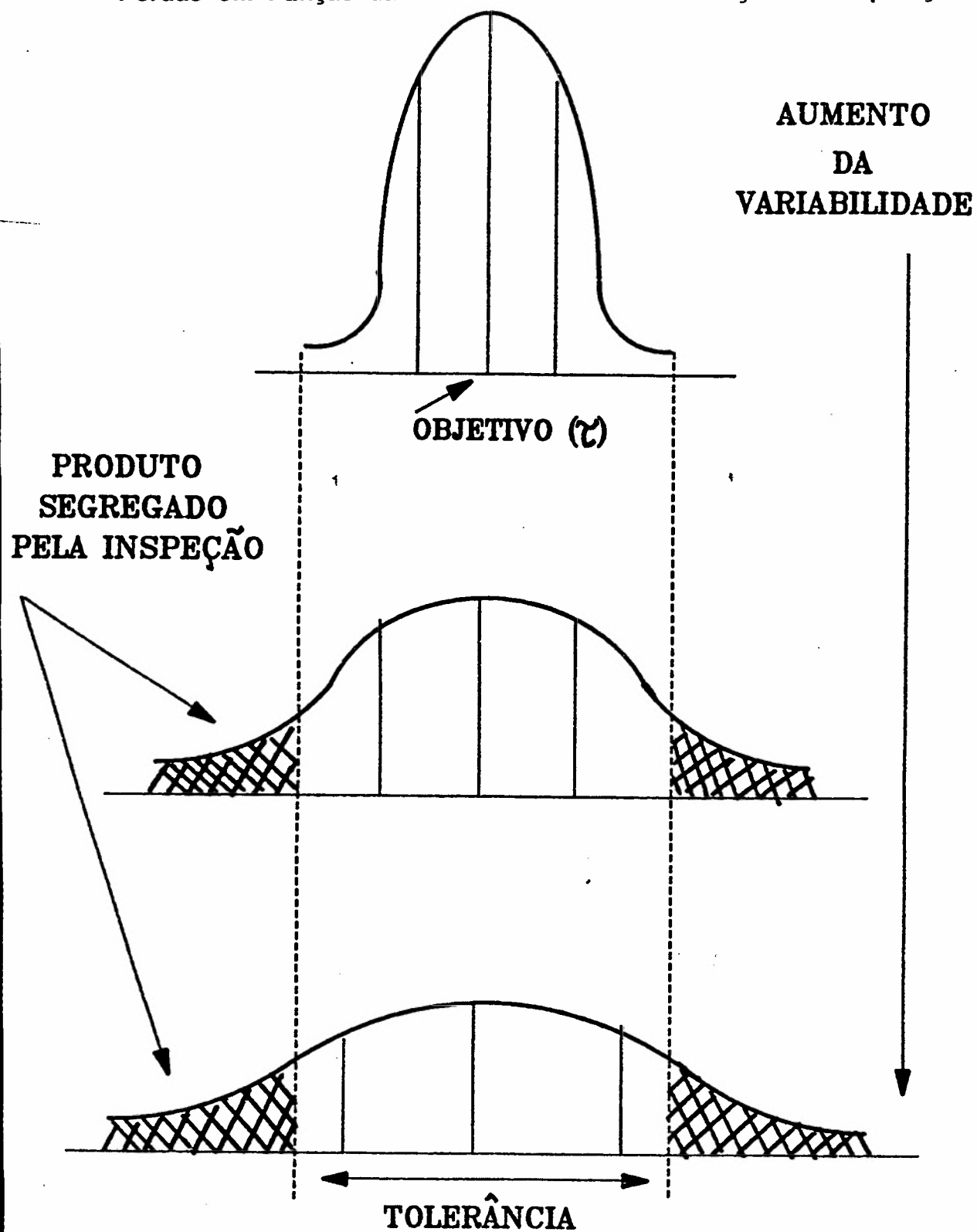
5 – DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS E TOLERÂNCIAS

Taguchi apresenta os seus métodos de determinação do parâmetro ideal de desempenho (objetivo) e os níveis de tolerância aceitáveis pelo cliente. Para a determinação dos parâmetros

e tolerâncias considera-se as relações entre o custo incremental de produção e a perda para a sociedade. Sempre que o custo incremental for menor que o potencial de redução da perda para a sociedade, deveremos aprimorar o nível do parâmetro e estreitar as tolerâncias.

Figura 3.

Perdas em Função da Variabilidade nas Distribuição da População.



A redução da tolerância está associada à variabilidade do processo. Na determinação das tolerâncias, o delineamento de experimentos e principalmente a análise de variância são bastante utilizados por Taguchi. Desejamos conhecer a influência de cada parâmetro ou as suas combinações de modo a minimizar as tolerâncias ao redor dos parâmetros otimizados e levando em consideração o processo de deterioração dos parâmetros com o tempo de uso e não apenas o seu nível original.

6 – VARIABILIDADE E RUÍDO

Segundo Taguchi, os fatores que causam uma variação funcional de um produto são chamados de fatores de erro ou ruído. Como exemplo, a luminosidade de uma lâmpada fluorescente varia com a flutuação da voltagem da rede e se deteriora com o tempo de uso. Existem diversas fontes de variabilidade ou ruído a saber:

A – Ruído Externo ou proveniente de condições ambientais que afetam a funcionalidade do produto. Temperatura, umidade, sujeira são exemplos deste ruído.

B – Ruído de Deterioração ou Interno, mudanças que ocorrem quando o desempenho se deteriora durante a vida útil por desgaste ou armazenamento do produto.

C – Ruído de variação do produto ou de unidade a unidade. São diferenças entre as diversas unidades de um mesmo produto fabricados sob as mesmas especificações, como dois automóveis do mesmo ano e modelo.

Os três tipos de ruído aumentam as perdas para a sociedade. Para diminuir os ruídos ou a variabilidade podemos implementar as técnicas tradicionais “ on-line” como o Controle Estatístico de Processos (CEP) que ataca uma parte da variação de produto mencionada em “ C ” e os métodos “off-line” que podem reduzir todas as fontes de variabilidade mencionadas acima.

7 – MÉTODOS DE CONTROLE DE QUALIDADE “OFF-LINE”.

O método do controle de qualidade “off-line” pode ser dividido em três passos abaixo.

(1) Projeto do sistema (ou Projeto Básico) : o projeto funcional do produto focalizado no conhecimento tecnológico da área.

(2) Projeto dos parâmetros (ou projeto Secundário): um meio para simultaneamente reduzir o custo e melhorar a qualidade, fazendo o uso eficaz dos métodos de delineamento de experimentos.

(3) Projeto das tolerâncias (ou projeto Terciário): um meio de controlar as causas da variabilidade a um custo mais elevado de fabricação. Podemos usar o delineamento de experimentos para esta finalidade.

Sem tentar detalhar cada uma destas fases que estão bem explicadas em (10) vamos introduzir alguns comentários a respeito destas etapas.

O projeto primário depende do conhecimento técnico da empresa no uso da tecnologia disponível na escolha dos componentes e matérias-primas e no julgamento adequado das necessidades dos clientes. Um bom projeto de produto é normalmente a chave do sucesso comercial de muitas empresas.

Esta é a razão pela qual as indústrias bem sucedidas gastam uma porcentagem maior das suas receitas na pesquisa e desenvolvimento de produtos, mantendo técnicos de alto nível em seus quadros de funcionários. O projeto de parâmetros é o que determina os níveis ótimos de cada um dos parâmetros ou propriedades mensuráveis do produto. A maioria das empresas, principalmente nos países do terceiro mundo, não fazem nenhum projeto sistemático dos parâmetros e os ajustes dos parâmetros são feitos após o processo de fabricação através de modificações ou calibrações no produto final ou durante o processo de fabricação.

Um exemplo típico seria o ajuste da imagem de um televisor na linha de montagem ou o do ajuste da cor de uma produção de tintas após sua fabricação. É neste processo que a engenharia da qualidade tem o maior impacto permitindo a incorporação da qualidade do produto antes da sua produção.

O projeto das tolerâncias tem como objetivo diminuir seletivamente as tolerâncias, de modo a minimizar o impacto dos três tipos de ruído nos parâmetros de interesse. Nesta etapa haverá um custo adicional, decorrente do controle das tolerâncias em faixas mais estreitas.

O processo de redução das tolerâncias é interessante do ponto de vista econômico, quando a redução da perda para a sociedade for menor que o custo

adicional de fabricação. Nas duas últimas etapas, o delineamento de experimento é a ferramenta indicada para o processo de otimização. Este fato justificou o elevado interesse de Taguchi pela metodologia e análise de resultados de experimentos estatisticamente desenhados.

8 - TÉCNICAS DE DELINEAMENTO DE EXPERIMENTOS

Taguchi ⁷⁰ desenvolveu uma tecnologia própria de delineamento de experimentos utilizando as propriedades de expansão por polinômios ortogonais de Chebyshev. Muitos dos experimentos propostos por Taguchi foram desenvolvidos originalmente por Placket & Burman ⁵⁸. Desde a década de 50 esses procedimentos que já estavam difundidos no meio científico e nas entidades de pesquisa e desenvolvimento como mencionado por George Box ¹⁰ em seu livro texto **Statistic For Experimenters**. O uso destas técnicas no setor de controle de qualidade foi realmente uma importante adição de Taguchi às técnicas de controle de qualidade difundidas na década de 60 e 70.

Simplificadamente as técnicas de delineamento de experimentos permitem a obtenção das relações de causa e efeito entre uma série de variáveis independentes (fatores, variáveis controláveis, causas ou ruídos) e uma ou mais variáveis dependentes (efeitos, propriedades, parâmetros, etc.) Como uma

metodologia experimental de base estatística não há necessidade de um conhecimento prévio do produto ou processo a ser estudado já que este será considerado como uma “ caixa preta “ para análise estatística.

Por exemplo, vamos supor que queremos estabelecer se a resistência mecânica de uma prancha de surf de fibra de vidro é influenciada por três variáveis de controle:

composição (resina/vidro), temperatura de fabricação e tempo de cura. Se para cada uma das três variáveis, estabelecemos dois níveis de experimentação (alto e baixo) teremos dois elevado a três (ao cubo) (2^3) igual a oito combinações diferentes dos fatores. Com experimentos bem planejados para as oito condições diferentes e uma posterior análise estatística, poderemos saber de que maneira a temperatura, o tempo de cura e a composição afetam a resistência mecânica da prancha de surf.

O delineamento de experimentos fica mais complexo quando desejamos estudar um grande número de variáveis ao mesmo tempo. Dez variáveis em dois níveis geram um total de 1024 experimentos. Neste caso Taguchi usa uma fração das combinações possíveis da forma $2^{(n-k)}$, n = fatores de estudo e $k < n$ (eq. II) para diminuir o número de experimentos totais mas com perda na qualidade dos resultados obtidos, principalmente quando existem interações entre as variáveis independentes no efeito em estudo. Além da experimentação fracionária, Taguchi usa um sistema de duas matrizes diferentes (uma para os

fatores e outra para os ruídos) o que aumenta a complexidade do uso e análise posterior.

A escolha por Taguchi de métodos muito particulares de experimentação ⁽⁷²⁾ é bastante criticada pelos estatísticos industriais e profissionais de controle de qualidade por não ter uma base teórica que a justifique a maior complexidade comparado aos métodos clássicos de experimentação ^{(10), (11), (42)}

Os métodos clássicos sugerem três etapas sequenciais que são: Separação dos fatores, Interação e Otimização.

Na etapa de separação exploramos o universo de seis a 30 fatores com o objetivo de identificar os fatores de maior influência na resposta dos efeitos em estudo. A quantidade total de experimentos pode ser de no mínimo o número de fatores em estudo mais quatro.

Com este enfoque avaliamos o grau de importância relativa de cada fator, com o mínimo de experimentos, e eliminamos os fatores menos importantes do próximo passo experimental.

Na etapa de interação avaliamos cada fator individual e a interação entre os vários fatores já selecionados anteriormente. Esta etapa requer um número maior de experimentos para avaliar os erros e incertezas experimentais. O número de experimentos mínimos é dado por 2^k para k fatores que devem estar restritos na faixa três a oito após a primeira etapa. A Segunda etapa é quando tentaremos reduzir os efeitos de ruído, minimizando a variabilidade total do sistema.

A terceira etapa, que não é coberta pelo método específico de Taguchi, tem como objetivo desenvolver relações empíricas entre os diversos fatores que influenciam a resposta do sistema.

Cada fator é experimentado em vários níveis e não apenas dois (alto e baixo) como nas etapas anteriores. Nesta etapa avaliaremos as relações não lineares, os erros experimentais o que permite o desenvolver equações de relação entre as diversas variáveis que podem ser otimizadas pelos métodos de pesquisa operacional como programação linear por exemplo.

9 – CRITICA AOS MÉTODOS DE TAGUCHI

De todos os autores famosos na área de controle de qualidade, Taguchi é provavelmente o que recebeu mais críticas ao seu trabalho por outros profissionais da área.

Alguns criticam todo o seu trabalho dizendo que é muito complexo e de difícil compreensão ou as suas definições de qualidade como “ perda para a sociedade “ e outros criticam o método peculiar de delineamento de experimentos. Kakar ⁴¹ , junto com outros autores no mesmo periódico ⁴⁹ ,apresentam um conjunto de críticas bastante coerentes e que devem ser analisadas por qualquer pessoa interessada em utilizar diretamente os manuais de Taguchi nas suas empresas.

A nossa experiência no gerenciamento do controle de qualidade em empresas de porte, ao utilizar técnicas de delineamento de experimentos para resolver problemas de qualidade, é que a filosofia de Taguchi é muito adequada e aplicável na maioria dos ambientes industriais, mas as suas técnicas experimentais são inferiores aos métodos que mencionamos anteriormente como clássicos. O uso da filosofia de Taguchi acoplada a uma metodologia tradicional de delineamento de experimentos pode resolver graves problemas de qualidade industrial, principalmente nos setores industriais em que as

relações de causa e efeito não são bem conhecidas. As indústrias de processos químicos, farmacêuticos, de alimentos, materiais cerâmicos, celulose e papel e siderúrgica são as que têm mais se têm beneficiado desta nova tecnologia a nível mundial. No Brasil a dificuldade da implementação das técnicas é decorrente da falta de conhecimento básico e do gerenciamento da implantação, fazendo com que o seu uso fique limitado às empresas que possam dispor dos recursos tecnológicos adequados.

CAPITULO - VI

Programa de Qualidade Seis Sigma

O que é o Seis Sigma ?

O Seis Sigma são muitas coisas: uma estatística, uma medida, uma estratégia, um objetivo, uma visão, um *benchmark* e uma filosofia.

O Seis Sigma é incorretamente suposto e assumido como metodologia por alguns. Tantas possibilidades têm levado inevitavelmente a muita indecisão e confusão sobre o Seis Sigma. Por este motivo, é de grande proveito definir e esclarecer o verdadeiro significado do Seis Sigma. ²¹

O Seis Sigma é um nível otimizado de desempenho que se aproxima a zero defeito em um processo de confecção de um produto, serviço ou transação. Ele indica a obtenção e a manutenção de uma performance de alto nível. O Seis Sigma não é uma metodologia. Ele é um fim, não um meio. ^{33,57}

Um bom ponto de partida para esclarecer o Seis Sigma seria começar por uma explicação do que é sigma.

O que é Sigma ?

Sigma é uma letra grega, σ , usada na estatística matemática para representar o desvio padrão de uma distribuição. Em estatística matemática, letras simbolizadas em grego são usadas para representar parâmetros, e seus valores são sempre desconhecidos, mas é estimado calculando-se o desvio padrão de uma amostra representativa.

A distribuição Normal (ou Gaussiana) teórica possui dois parâmetros, a média, μ , e o sigma, σ . Visto que a média e o sigma são representados por letras gregas, isto implica que seus valores são sempre desconhecidos, mas eles são estimados calculando-se a média aritmética e o desvio padrão. A média aritmética e o desvio padrão são duas estatísticas calculadas através de amostras para estimar a média e o sigma.

Então, o sigma ou, para fins práticos, o desvio padrão é uma estatística que quantifica a quantidade de variabilidade ou não- uniformidade existente em um processo, resposta ou característica. De fato, sigma e desvio padrão são sinônimos. A fórmula do desvio padrão é a seguinte (**eq. 1**).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Eq - 1

Sigma é uma medida da quantidade de variabilidade que existe quando medimos alguma coisa. No caso de um produto, sempre existem muitas características importantes ou críticas para a qualidade. Normalmente coletamos dados e medimos o sigma de algumas destas características. Se o valor do sigma é alto, ele nos diz que há muita variabilidade no produto. Se o valor do sigma é baixo, então o produto tem pouca variabilidade e, por conseguinte, é muito uniforme. Estamos sempre buscando produzir produtos uniformes com quase nenhuma variabilidade. Logo, quando menor o valor do sigma, melhor a característica, produto ou processo.

O Seis Sigma possui muitos significados.

Como já foi dito anteriormente, o Seis Sigma significa muitas coisas e é usado de diferentes maneiras, sendo, às vezes, complexo para iniciantes. Eis algumas definições que podem ajuda-lo a entender o assunto:

Seis Sigma __ o Benchmark. O Seis Sigma é usado como um parâmetro para comparar o nível de qualidade de processos, operações, produtos, características, equipamentos, máquinas, divisões e departamentos, entre outros.

Seis Sigma __ a Meta. O Seis Sigma também é uma meta de qualidade. A meta dos Seis Sigma é chegar muito próximo de zero defeitos, erros ou falha. Mas não é necessariamente zero, é, na verdade, 0,002 falhas por milhão de unidades defeituosas, 0,002 defeitos por milhão, 0,002 falhas por milhão, 0,002 ppm, ou, para fins práticos, zero. Não é 3,4 partes por milhão de unidades defeituosas, como é erroneamente citado por alguns.

Seis Sigma __ a Medida. O Seis Sigma é uma medida para determinar nível de qualidade. Quando o número de sigmas é baixo, tal como em processos dois sigma, implicando mais ou menos dois sigmas ($\pm 2\sigma$) dentro das especificações, o nível de qualidade não é tão alto. O número de não-conformidades ou unidades defeituosas em tal processo pode ser muito alto. Se compararmos com um processo quatro sigma, ($\pm 4\sigma$), onde podemos ter mais ou menos quatro sigmas dentro das especificações, aqui teremos um nível de qualidade significativamente melhor. Então, quando maior o número de sigmas dentro das especificações, melhor o nível de qualidade.

Seis Sigma __ a Filosofia. O Seis Sigma é uma Filosofia de melhoria perpétua do processo (máquina, mão-de-obra, método, metrologia, materiais, ambiente) e redução de sua variabilidade na busca interminável de zero defeito.

Seis Sigma __ a Estatística. O Seis Sigma é uma estatística calculada para cada característica crítica à qualidade para avaliar a performance em relação à especificação ou à tolerância.

Seis Sigma __ a Estratégia. O Seis Sigma é uma estratégia baseada na inter-relação que existe entre o projeto de um produto, sua fabricação, sua qualidade final e sua confiabilidade, ciclo de controle, inventário, reparos no produto, sucata e defeitos, assim como falhas em tudo o que é feito no processo de entrega de um produto a um cliente e o grau de influência que eles possam ter sobre a satisfação do mesmo.

$$+ - 6 \sigma = 12 \sigma$$

Seis Sigma __ o Valor. O Seis Sigma é um valor composto derivado da multiplicação de 12 vezes um dado valor de sigma, assumindo seis vezes o valor do sigma dentro dos limites de controle para a esquerda da média e seis vezes o valor do sigma dentro dos limites de controle para a direita da média em uma distribuição Normal. A não-compreensão das implicações disto é a base de muitos mal-entendidos em torno do Seis Sigma, como será esclarecido posteriormente.

Seis Sigma __ a Visão. O Seis Sigma é uma visão de levar uma organização a ser a melhor do ramo. É uma viagem intrépida em busca da redução da variação, defeitos, erros e falhas. É estender a qualidade para além das expectativas do cliente. Oferecendo mais, os consumidores querem

comprar mais, em oposição a Ter vendedores bajulando-os na tentativa de convencê-los a comprar.

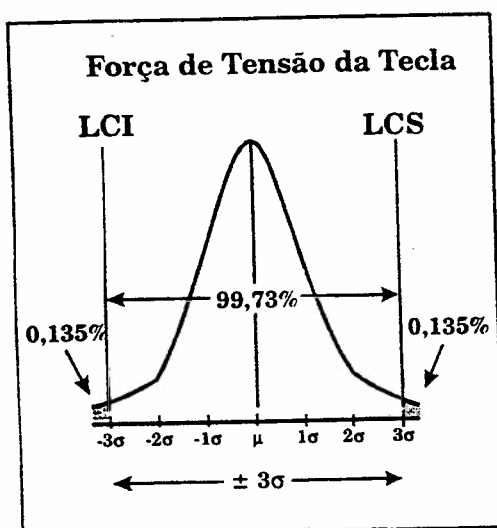
Seis Sigma Antes de 15 de Janeiro de 1987

Antes de 15 de Janeiro de 1987, os Seis Sigma eram entendidos pela Academia e pelo resto do mundo como mais ou menos três sigmas dentro dos limites de controle.

Para ilustrar isto, imagine existir certa característica sendo medida em um processo. Imagine que o processo produza teclados de computador, e que a característica de importância seja a força para uma tecla se soltar após pressionada. Chamemos esta característica de Força de Tensão da Tecla. Tal característica tem uma especificação de projeto. Se a força necessária fosse muito grande, o usuário precisaria de muita força para apertar um tecla. Se a força necessária fosse baixa, apenas descansar o dedo sobre a tecla poderia apertá-la. A especificação de projeto tem, então, um limite de controle superior, LCS, e um limite de controle inferior, LCI. Realisticamente, quando estes limites são excedidos, o produto falhou nas exigências de seu projeto.

Mais tarde, quando produzimos uma quantidade de teclados e os testamos, coletamos dados, computamos o sigma e predizemos a variabilidade do processo, ou o que também é chamado de amplitude do processo. No nosso particular exemplo de teclados de computadores, a variabilidade do processo é apenas relacionada (ou atribuída) a uma característica, a Força de Tensão da Tecla. E apesar de fazermos referência à variabilidade do processo, distintamente nos referimos à variabilidade na quantidade de tensão-força necessária para apertar uma tecla. (Ver Figura 4)

Figura 4 . Força de Tensão da Tecla

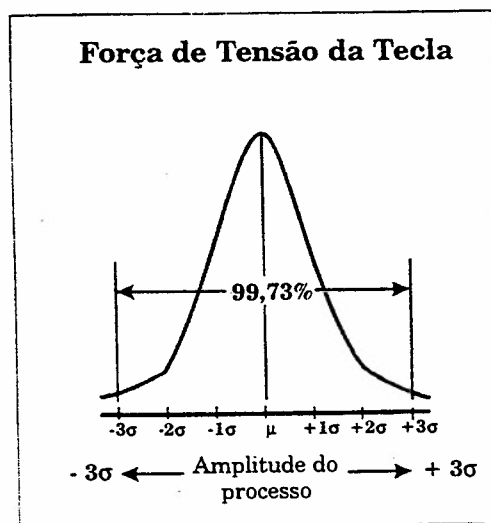


A variabilidade do processo, ou amplitude do processo, por convenção, é sempre medida multiplicando-se seu sigma por seis, isto é, o sigma da característica. Esta fórmula nunca muda! Porque seis? Porque em uma distribuição Normal, a área abaixo da curva entre mais ou menos três sigma ($\pm 3\sigma$) engloba ou inclui aproximadamente 99,73% da distribuição, E apesar de 99,73% não englobar a totalidade (100%) da distribuição, é um valor próximo o suficiente para ser considerado como tal. Assim, quando calculamos a variabilidade do processo, incluímos quase toda a distribuição, mas aceitamos o resultado como se fosse a distribuição inteira.

A Academia entende os Seis Sigma como se a variabilidade do processo ($\pm 3\sigma$) fosse igual à distância entre os limites superior e inferior de controle.

(Ver Figura 5)

Figura 5. Força de Tensão da Tecla



A partir desta definição, um processo seis Sigma era entendido como um processo com limites de mais ou menos três sigma dentro dos limites de controle. Tal processo teria um Cp de 1,0, e se a média fosse centrada no meio dos limites de controle, teria, então, um Cpk igual a 1,0. Um processo com um Cp e um Cpk iguais a 1,0 teria, então, aproximadamente 99,73% de seu produto dentro das especificações e cerca de 0,27% fora das especificações, ou 2.700 ppm. Como pode ser visto, nenhum destes números condiz com o que hoje se entende por Seis Sigma. Qual o porquê disto? Porque na Quinta-feira, dia 15 de Janeiro de 1987, a Motorola Inc. lançou o seu "Programa de Qualidade Seis Sigma", e isto mudou a forma como os Seis Sigma seriam entendidos daí por diante.

O Programa de Qualidade Seis Sigma da Motorola

Na Quinta-feira, dia 15 de Janeiro de 1987, a Motorola Inc. lançou um programa de qualidade a longo prazo chamado "Programa de Qualidade Seis Sigma". O programa foi lançado por Bob Galvin, Diretor Executivo da Motorola Inc., através de uma palestra que foi distribuída por sua organização por escrito e em fitas de vídeo. O vídeo foi distribuído a todos os vice-presidentes e

gerentes gerais de cada setor, grupo ou divisão e também foi visto pela equipe dos gerentes gerais e posteriormente assistido pelo restante do pessoal da Motorola, passando assim por toda a organização, que compreendia cerca de noventa e nove mil pessoas em todo o mundo em aproximadamente 53 principais filiais.

Em sua palestra, o Sr. Galvin explicou que nos primeiros seis meses ele tinha visitado, com uma certa freqüência, muitos clientes, e apesar de eles terem mencionado gostar de fazer negócios com a Motorola, também expressaram um desejo de serem mais bem servidos. Eles queriam melhores serviços de entrega, acabamento dos pedidos, precisão nos registros de cada transação, etc. Além disso, deram a entender que, se a Motorola oferecesse melhores serviços com ênfase na Qualidade Total, a empresa poderia esperar um crescimento de 5 a 20% nos negócios com eles no futuro. O Sr. Galvin sugeriu um aumento de salário para os funcionários da companhia, para desafiá-los a oferecer ao cliente nível esperado de qualidade de serviços, e que isso deveria ser feito com bastante urgência.

O Sr. Galvin aproveitou também a oportunidade para enfatizar à gerência o seu papel essencial e sua responsabilidade em gerenciar a implementação deste programa. Ele declarou que a Meta de Qualidade Corporativa havia sido atualizada para incluir este novo desafio.

Finalmente, O Sr. Galvin aceitou ele mesmo o desafio, dizendo: "Devo fazer meu trabalho perfeitamente na execução de cada detalhe diário, como observado pelo cliente."

E ele desafiou a todos ao dizer: "Vocês devem buscar o mesmo objetivo."

Os Seis Sigma Depois de 15 de Janeiro de 1987

O programa era um programa corporativo que estabelecia o Seis Sigma como o nível de capacidade exigido para se aproximar do padrão de zero defeito. Este novo padrão de zero defeito deveria ser desenvolvido em todas as áreas, isto é, em produtos, processos, serviços e administração.

O Comitê da Política Corporativa da Motorola atualizou, então, a Meta da Qualidade como descrito a seguir:

"Melhorar a qualidade de produtos e serviços em 10 vezes até 1989 e pelo menos cruzar a casa das 100 vezes até 1991. Alcançar a capacidade Seis Sigma até 1992.

Com um profundo senso de urgência, disseminar dedicação à qualidade por cada faceta da corporação e alcançar uma cultura de melhoria continua com o intuito de assegurar a Satisfação Total do Cliente. Existe apenas uma meta principal: zero defeito __ em tudo o que fazemos."

Com a Meta de Qualidade Corporativa revisada, ela se compromete agora a alcançar a satisfação total do cliente. Em outras palavras, a Motorola seria a melhor em todos os produtos e serviços na opinião de cada cliente até 31 de Março de 1987. De fato, ela direcionou cada funcionário a se preparar para e insistir na perfeição em tudo o que se referir ao cliente. A função de todos deveria ser interpretada como servir o cliente. A Meta de Qualidade Corporativa revisada afirmava ser cada um responsável por e para com o outro no que dizia respeito a atingir este objetivo. Finalmente, ela afirmava que ninguém poderia considerar que já havia feito o suficiente até que a meta do Seis Sigma fosse atingida em toda a companhia, por completo. A Meta de Qualidade Corporativa revisada foi, então, assinada por:

O "Programa de Qualidade Seis Sigma" foi definido em dois níveis. Em primeiro lugar, em nível gerencial; cada indivíduo da organização era responsável por seus processos, produtos e serviços e desafiado a caracterizar e melhorar a qualidade para níveis de performance Seis Sigma, para , desta forma, propiciar a satisfação total do cliente.

Em segundo lugar, em nível operacional; requeria o uso de método estatísticos para caracterizar processos técnicos (fabricação), através de medidas como Cp, Cpk, sigmas, e a também processos não-técnicos (administrativos, de serviços ou de transações) através de ppm, dpu e outras medidas.

O propósito do “Programa de Qualidade Seis Sigma” era aumentar a satisfação do cliente, ou o que eles internamente chamavam de “Satisfação Total do Cliente” (STC), reduzindo ou eliminando defeitos nos produtos. Isto não deveria ser feito por uma iniciativa forçada, como a inspeção de qualidade crescente, mas através de uma melhoria contínua do processo a partir de um ponto principal do sistema Seis Sigma. Os resultados de tais esforços no projeto seriam uma variabilidade reduzida, melhoria da qualidade, maior produtividade e mais facilidade e eficiência na operação do processo e na confecção do produto. Isto só poderia ser conseguido através da caracterização, otimização e controle do processo total, e não apenas de suas partes. Foi de igual importância reduzir ou eliminar erros ou falhas em todos os processos administrativos, de serviços ou de transações, com o intuito de oferecer ao cliente a satisfação total. Portanto, a Motorola aplicou os mesmos conceitos de qualidade a todos os aspectos de seu negócio.

Por volta de Junho de 1987 a Motorola desafiou seus funcionários a começarem a implementar o Seis Sigma nas funções administrativas: “Sente-se agora e comece a analisar as atividades do seu próprio departamento, ou dos seus sistemas operacionais e procedimentos pessoais. Determine o que você deve fazer para atingir a performance do Seis Sigma. Você não precisa ser um especialista em estatística para utilizar o conceito. Tudo o que você precisa fazer é querer modificar o seu próprio *modus operandi* e seu sistema

operacional pessoal, para que defeitos e rejeições sejam eliminados do produto do seu trabalho pessoal.”

No dia 23 de Julho de 1987 um memorando foi distribuido para todos os funcionários do Setor de Produtos da Motorola, dando as boas-vindas a todos por entrar no conceito da performance Seis Sigma. Este memorando também apresentava um *kit* que foi preparado para auxiliar na compreensão do conceito do Seis Sigma, juntamente com um vídeo que continha a mensagem de Bob Galvin. O vídeo explicava que a performance do Seis Sigma era uma relação entre o nível da performance e do projeto ou nível da performance e tolerância. O conceito era igualmente válido para operações de fabricação/projeto e funções de suporte. O memorando seguia esclarecendo que o conceito era baseado em zero defeito em operações da produção e administração. Ele ainda explicava que os objetivos da performance Seis Sigma estavam sendo buscados em toda a Motorola e que tais objetivos excediam a performance já alcançada pela maioria das corporações. Finalmente, o memorando enfatizava aos funcionários da Motorola a sua convicção de que somente através do Programa Seis Sigma a empresa poderia obter a *status* internacional de melhor do ramo na comunidade de corporações de eletrônica industrial.

Por volta de Março de 1988 a Motorola criou um curso sobre “Os Seis Passos para o Seis Sigma”. O curso era voltado mais para os processos administrativos ou de serviços, e não para a melhoria de processos técnicos.

Entretanto, “Os Seis Passos para o Seis Sigma” esclareceu duas coisas. Primeiro, que o “Programa de Qualidade Seis Sigma ” estava ligado a Metas Principais e Iniciativas Principais.

As Metas Principais eram:

- Aumentar a participação no mercado global.
- Buscar o *status* de melhor do ramo em pessoal, *marketing*, fabricação, tecnologia, produtos e serviços.
- Resultados financeiros superiores.

As Iniciativas Principais eram:

- Qualidade Seis Sigma.
- Redução do ciclo de controle total.
- Liderança de produtos e produção.
- Aumento dos lucros.
- Cooperação entre organizações.

Segundo, e talvez mais importante, a definição de Seis Sigma da Motorola era radicalmente diferente da norma, como esta era entendida pela Academia.

A Definição de Seis Sigma da Motorola

A Motorola definiu o Seis Sigma como mais ou menos seis sigmas ($\pm 6\sigma$) ou desvios padrão dentro dos limites de controle.

Em outras palavras, dada uma característica particular de um produto que possui uma especificação de projeto, esta especificação de projeto tem um limite do controle superior, LCS, e um limite de controle inferior, LCI, sendo estes dois limites a demarcação da tolerância do projeto. A Motorola defendeu que a tolerância do projeto deveria ser tal que esta permitisse ajustar 12 (± 6) sigmas ou duas vezes a variação do processo. Esta havia sido anteriormente definida como ± 3 sigmas ou 6 multiplicado pelo valor do sigma. A idéia da Motorola era a de tomar determinado produto, medir sua característica de interesse e estimar seu sigma, então o valor do sigma deveria ser tal que 12 deles se ajustariam dentro dos limites de controle. Isto era diferente do que se entendia por ou era chamado de Seis Sigma até aquela época.

Os Seis sigma sempre tinham significado \pm três e não \pm seis sigmas dentro das especificações.(Ver Figura 6)

Figura 6. Seis Sigma

A nova definição da Motorola da terminologia Seis Sigma ___ aqui com letras maiúsculas para fazer uma distinção em relação ao antigo Seis Sigma ___ tornou-se mais ou menos seis, ou 12 sigmas dentro dos limites de controle.

A Motorola havia procurado um nome de fácil memorização para causar um impacto na organização, quando o novo conceito de redução da variação fosse apresentado. Em “Seis Sigma” eles encontraram o que procuravam. Porém, como haviam criado uma compreensão mais clara do que a terminologia da Academia para os Seis Sigma, eles deveriam tê-la chamado de Doze Sigma ou adicionado $0 \pm$ (mais ou menos) ao termo Seis Sigma. O termo Seis Sigma acabou por gerar muitas confusão devido a seu conflito com os Seis Sigma da Academia.

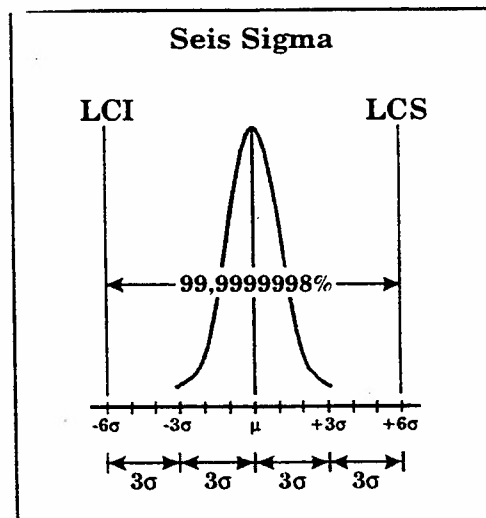
Mas, apesar disto, o Seis Sigma tornou-se muito mais do que um nome memorável. Eles refletem a filosofia de buscar sempre a perfeição ou

Em processos de fabricação, embarcar no programa Seis Sigma significa não somente oferecer um produto livre de defeitos após um teste final ou inspeção __ o que pode ser facilmente conseguido mesmo enquanto se mantêm altos níveis de defeitos, reparos no produto, sucata e ineficiências gerais do processo. Mais importante ainda, significa oferecer produtos de primeira qualidade mantendo, concomitantemente, os rendimentos do processo em torno de 99,9999998%, taxas de defeituosos abaixo de 0,002 partes por milhão e praticamente erradicando defeitos, reparos no produtos e sucatas.

Além disso, outras características necessárias para sustentar o Seis Sigma estariam operando processos sob controle estatístico, controlando as variáveis de entrada do processo (ao invés de como usual, as variáveis de saída do processo), maximizando o uso dos equipamentos e otimizando o tempo de ciclo. (**Ver Figura 7**)

Figura 7. Especificação de Projeto

Figura 6. Seis Sigma



A nova definição da Motorola da terminologia Seis Sigma __ aqui com letras maiúsculas para fazer uma distinção em relação ao antigo Seis Sigma __ tornou-se mais ou menos seis, ou 12 sigmas dentro dos limites de controle.

A Motorola havia procurado um nome de fácil memorização para causar um impacto na organização, quando o novo conceito de redução da variação fosse apresentado. Em "Seis Sigma" eles encontraram o que procuravam. Porém, como haviam criado uma compreensão mais clara do que a terminologia da Academia para os Seis Sigma, eles deveriam tê-la chamado de Doze Sigma ou adicionado $0 \pm$ (mais ou menos) ao termo Seis Sigma. O termo Seis Sigma acabou por gerar muitas confusão devido a seu conflito com os Seis Sigma da Academia.

Mas, apesar disto, o Seis Sigma tornou-se muito mais do que um nome memorável. Eles refletem a filosofia de buscar sempre a perfeição ou

excelência em tudo o que uma organização faz. O Seis Sigma são provavelmente o programa de maior sucesso já projetado para produzir mudanças em uma organização. Ele trouxe significativos benefícios financeiros à Motorola, mas se quiséssemos ser cínicos e mostrar todos os méritos financeiros que ele produziu, o programa Seis Sigma fez com que em torno de 100.000 pessoas espalhadas por todo o mundo, com responsabilidades, educação, línguas e culturas muito distintas se conscientizassem e focalizassem um único tópico: reduzir o valor do SIGMA. E isto aconteceu instantaneamente, como jamais aconteceu em outro programa. A sinergia que o Seis Sigma criou internamente na organização e que cria continuamente em outras organizações é impressionante. Os benefícios financeiros que ele propicia são claramente inegáveis.

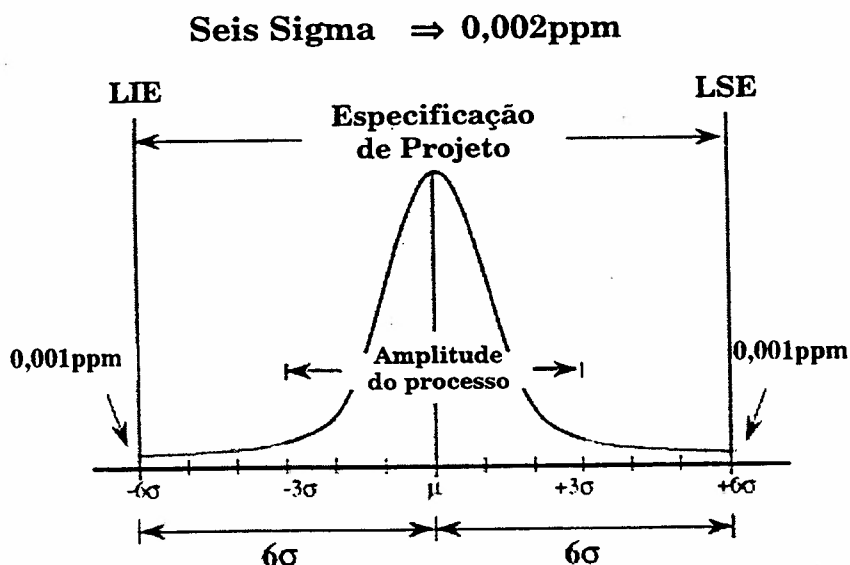
Por que Embarcar no Seis Sigma ?

O Seis Sigma é uma medida de qualidade e eficiência, mas, além disso, é uma medida de excelência. Portanto, embarcar no programa Seis Sigma significa, para uma organização, oferecer serviços e produtos de primeira qualidade, ao mesmo tempo em que ela praticamente elimina todas as ineficiências internas. Significa ter um foco comum na excelência em toda a organização.

Em processos de fabricação, embarcar no programa Seis Sigma significa não somente oferecer um produto livre de defeitos após um teste final ou inspeção __ o que pode ser facilmente conseguido mesmo enquanto se mantêm altos níveis de defeitos, reparos no produto, sucata e ineficiências gerais do processo. Mais importante ainda, significa oferecer produtos de primeira qualidade mantendo, concomitantemente, os rendimentos do processo em torno de 99,9999998%, taxas de defeituosos abaixo de 0,002 partes por milhão e praticamente erradicando defeitos, reparos no produtos e sucatas.

Além disso, outras características necessárias para sustentar o Seis Sigma estariam operando processos sob controle estatístico, controlando as variáveis de entrada do processo (ao invés de como usual, as variáveis de saída do processo), maximizando o uso dos equipamentos e otimizando o tempo de ciclo. (Ver Figura 7)

Figura 7. Especificação de Projeto



Em processos administrativos, isto pode significar não somente a redução do tempo de ciclo nos processos, porém mais importante ainda, pode significar a eliminação da possibilidade de erros. Falhas e ineficiência, assim como a otimização do tempo de resposta a investigações, maximizando a velocidade e a precisão com que partes de inventários e materiais são fornecidas aos requerentes, e praticamente mantendo estes processos invisíveis à prova de erros e imprecisões.

Qual É a Meta do Seis Sigma ?

A principal meta do Seis Sigma é reduzir defeitos, erros e falhas a zero defeitos e reduzir o valor do sigma ou desvio padrão a um valor que permita que 12 sigmas fiquem dentro dos limites de especificação.

Concomitantemente, a média aritmética é mantida o mais próximo possível da linha central dos limites de especificação, sem deixar que ela varie.

Por que reduzir a variação, defeitos, erros e falhas a um valor tendendo a zero? Porque isto obtém a Satisfação do Cliente, e clientes satisfeitos continuam comprando produtos ou serviços. Clientes satisfeitos normalmente contam aos seus amigos o quão satisfeitos eles estão com um produto ou serviços. Mas clientes insatisfeitos normalmente contam para todo mundo, mesmo para estranhos, o tamanho de sua insatisfação.

Como Embarcar no Seis Sigma ?

Em essência, o Seis Sigma significa excelência em tudo, não apenas no produto final, mas nos processos administrativos, de serviços e de fabricação de toda a organização.

Entretanto, ao embarcar no programa Seis Sigma, a organização típica somente explica o que é o Seis Sigma e diz para que todos na organização simplesmente façam isto. Esta abordagem claramente não é suficiente para um nível de excelência tão exigente.

Os problemas causados por este motivo são: várias perguntas sem respostas, instruções indefinidas e todos __ particularmente os inexperientes __ fazendo das tripas coração para inventar sua própria versão do que um programa Seis Sigma é ou deve ser e como ele deve ser conduzido. Assim, o programa vira algo de livre acesso a qualquer um, rendendo muito poucos sucessos, diminuindo a aceitação dele, bem como as expectativas em relação a ele, e assegurando uma menor "expectativa de vida" ao mesmo. É preciso, então, uma estratégia prática que abranja todos os elementos necessários para um programa de qualidade Seis Sigma tenha sucesso.

Estratégia de Implementação de um Programa Seis Sigma

Ao longo da última década, muito tem sido escrito sobre a Qualidade Seis Sigma, mas, mesmo hoje em dia, muito pouco é realmente compreendido sobre como ela deve ser implementada. Ninguém se aventurou a propor uma abordagem padronizada e holística para implementá-la.

O que segue é um guia para a implementação de tal programa. Ele se baseia na abordagem que desenvolvi para a caracterização, otimização e controle de um processo em níveis Seis Sigma e sustentei com anos de experiência prática de implementação, inclusive sete anos de implementação do Programa de Qualidade Seis Sigma na Motorola.

O Desafio do Seis Sigma

Uma vez que os gerentes administrativos da organização tenham contribuído para a implementação do Programa Seis Sigma, devem transmitir o desafio a cada indivíduo em sua organização.

O desafio do Seis Sigma envolve todos na organização, não somente as pessoas ligadas à produção ___ para as quais é muito fácil e óbvio implementar um programa que inclui coeficientes e medições, por ser o processo físico e tangível ___, mas também aquelas das áreas administrativa e de serviços.

Cada indivíduo dentro da organização presta um serviço. Em uma empresa Seis Sigma, os indivíduos avaliam sua função ou papel no que diz respeito ao quando ela melhora a organização. Eles definem qual seria o ideal de excelência (meta) em seu serviço; depois disto, quantificam onde estão no momento (*status quo*) em relação a este ideal; e, então, trabalham para minimizar este *gap* para alcançar o Seis Sigma na data determinada como meta.

Diretiva Executiva do Seis Sigma

Os gerentes executivos da organização expressam seu comprometimento com a conversão da empresa em uma organização Seis Sigma emitindo uma Diretiva Executiva. Esta estabelece o Desafio, a Visão, a Promessa de Satisfação do Cliente, a Meta, os novos Índices de medição e a nova maneira de se operacionalizar a empresa . A Diretiva Executiva traça a linha entre as maneiras antigas de fazer negócios e a nova forma de trabalhar em busca da excelência; além disso, estabelece uma meta comum a todos na organização: reduzir a variabilidade (sigma) em tudo o que é feito. A Diretiva Executiva demanda a orientação dos funcionários, treinando e doutrinando cada indivíduo em um curso sobre como se “Alcançar o Seis Sigma” de, no mínimo, oito horas de duração.

Função para Todos

O Seis Sigma envolve todos na organização. Cada indivíduo exerce um papel significativo na busca de fazer a empresa chegar a um nível de performance classe A . No nível gerencial, gerentes são selecionados como Campeões ou Mentores de Equipe, sendo se sua responsabilidade permitir que as equipes se empenhem em projetos específicos de melhoria ou estudos de

caracterização. Indivíduos com a capacidade de compreender assuntos técnicos e com um profundo *know how* em sua área específica são relacionados para serem Líderes de Equipe. Estes Líderes de Equipe são responsáveis pelas equipes e as conduzem na otimização do processo de melhoria a níveis Seis Sigma. Em cada equipe formada, indivíduos específicos, que possuem talento ou experiência no assunto do projeto ou conhecimento de processos, são escolhidos para serem Membros de Equipe. Os Mentores de Equipe, Líderes de Equipe e Membros de Equipe são aqueles que promovem a transformação da organização do “térreo” para cima.

Padronização

Para alcançar o Seis Sigma com êxito, o programa deve possuir uma metodologia padrão. O que a organização e todos os seus funcionários devem fazer para alcançar o Seis Sigma precisa ser muito bem definido e estar padronizado por toda a organização; existem 1.000 maneiras de se chegar a Roma, mas o caminho mais eficiente é uma linha reta.

Se a metodologia para se atingir o Seis Sigma permanecer indefinida, haverá indivíduos na organização que tentarão inventar e encontrar seu próprio caminho. Não é preciso muitos destes indivíduos para que a implementação do programa se desvie.

Padronizar a metodologia para alcançar o Seis Sigma permite que todos os indivíduos dentro da organização se concentrem em seus projetos individuais de redução do desvio padrão, em vez de ficarem preocupados e confusos sobre o que fazer ou como fazê-lo.

A padronização de métodos estatísticos e a metodologia para alcançar o Seis Sigma criam uma linguagem comum e uma causa comum a todos.

Muitas organizações que implementam outros programas não padronizados ficam presas em discussões e na discordância sobre os métodos, nunca indo adiante. Eventualmente, tais atividades não produtivas cansam a todos, e o interesse e entusiasmo pelo novo programa rapidamente declinam e se perdem.

Guia para Alcançar o Seis Sigma em Processos Técnicos:

Processos de Produção e Fabricação

Uma metodologia para alcançar o Seis Sigma para processos técnicos, como processos de produção e de fabricação, deve ser utilizada em toda a organização. A padronização do uso de métodos estatísticos estabelece uma abordagem comum que acelera a execução dos estudos de caracterização Seis Sigma. Ela também cria uma linguagem comum através da qual os indivíduos podem se comunicar e comparar resultados. A metodologia de

processos técnicos para alcançar o Seis Sigma é a Metodologia M/PCpS. É uma abordagem passo a passo para alcançar melhorias em processos técnicos, sendo planejada exclusivamente para sustentar os esforços do Seis Sigma.

Guia para Alcançar o Seis Sigma em Processos Não-Técnicos:

Processos Administrativos, de Serviços e de Transações

Processos não-técnicos, como de compras ou funções do departamento de finanças, são considerados invisíveis, pois seus elementos não são físicos ou tangíveis como os elementos de processos de produção. Processos não-técnicos, devido à sua intangibilidade, não são tão fáceis de se definir, quantificar, otimizar e controlar em níveis Seis Sigma.

Todavia, uma metodologia para caracterizar e otimizar processos não-técnicos, como processos administrativos, de serviços e de transações em níveis Seis Sigma, deve também ser igualmente padronizada por toda a organização. Na maioria dos casos, em processos não-técnicos, estes estudos são chamados de “projetos” de melhoria, pois nem todas as características são otimizadas como em processos técnicos; normalmente, apenas algumas

características críticas à quantidade são otimizadas em níveis Seis Sigma em processos não-técnicos.

A metodologia para alcançar e manter o Seis Sigma em processos não-técnicos foi projetada cuidadosamente dentro da Metodologia M/PCpS para processos administrativos, de serviços e de transações. Ela também é um guia passo a passo dividido em cinco estágio para alcançar melhorias de nível de performance Seis Sigma. A seqüência desta metodologia é significativamente diferente da aplicação a processos técnicos. As ferramentas, métodos e técnicas mudam porque as estatísticas são, em sua maioria, não-paramétricas.

Meta de Qualidade

Um aspecto importante do programa Seis Sigma é a caracterização total do mesmo, que envolve otimizar todos os processos de fabricação a um Cp muito alto e a um valor de Cpk igual a dois. Alcançar este valor é o que marca o sucesso de uma equipe na busca do Seis Sigma. É imperativo que a meta de dois em Cp e Cpk seja estabelecida pela organização. Esta meta deve estar ligada à Meta de Qualidade da organização. Se a empresa não possuir uma meta oficial, uma deverá ser estabelecida e anunciada por toda a organização através de uma Diretiva Executiva.

A meta do Seis Sigma é chegar o mais próximo possível de zero defeito. Zero defeito é uma impossibilidade, sendo simplesmente irracional. A Meta de Qualidade deve ser um valor, tal como 0,002 especificação ou algum outro valor que seja desafiante, mas atingível e que possa ser quantificado. Uma Meta de Qualidade Seis Sigma determina que as exigências do C_p e do C_{pk} devem ser iguais a 2,0. Este valor é razoável e também atingível e traria lucros consideráveis para a organização.

Plano de Desenvolvimento

Para ser capaz de manter o programa Seis Sigma em foco, dentro do programa e dentro do prazo, um Plano de desenvolvimento deve ser projetado e estabelecido. As equipes e seus membros devem ser identificados, e os estudos dos processos e projetos de melhorias, programados. Processos críticos devem ser programados primeiramente.

Geralmente é necessário que uma equipe trabalhe algumas horas por semana, por alguns meses, para executar um estudo de caracterização ou um projeto de melhoria em um processo. A caracterização e otimização total de processos em uma área podem exigir esforços contínuos ao longo de alguns

anos. Durante este período de tempo, é necessário que se faça um investimento de recursos, tempo e dinheiro.

Classificação de Processos

Para estabelecer uma ordem na qual os passos ou operações do processo sejam programados para estudos de caracterização de processos ou projetos de melhoria, os passos do processo devem ser classificados de acordo com o impacto críticos nas características finais críticas à qualidade. Para fazer isto:

1. Forme uma equipe de indivíduos com conhecimento macro e micro do processo ou operação.
2. Identifique todos os passos do processo para determinada linha de produção ou operação de negócios.
3. Passe por cada passo do processo, começando pelo primeiro.
4. Identifique todas as variáveis de respostas para cada passo do processo.
5. Classifique cada passo do processo como crítico (c), principal (p) ou secundário (s) no que diz respeito a seu impacto sobre as características finais críticas à qualidade.

Uma vez que todos os passos do processo tenham sido classificados, programe-os dentro do Plano de Desenvolvimento; primeiro os passos críticos, depois os principais, e por último os secundários.

Revisão Mensal

O programa Seis Sigma requer uma revisão, assim como uma auditoria, para assegurar que tudo está progredindo corretamente, como planejado.

Mensalmente, as equipes são convidadas a apresentar o progresso de seus estudos de caracterização de processo e projetos de melhoria de processo. Esta reunião de revisão deve ser aberta a qualquer um que queira participar. Os membros de todas as equipes, assim como a administração, devem ser convidados a participar.

As equipes que se apresentam devem mostrar seu progresso, obstáculos, marcos, necessidades e descobertas. Direção e suporte devem ser

dados pela administração aos mentores de equipe para que as equipes possam retomar ou continuar o seu progresso.

Apresentação das Equipes

Estudos e projetos definidos no Plano de Desenvolvimento são designados às equipes para a melhoria e o alcance do Seis Sigma. As equipes aplicam as metodologias padronizadas para alcançar o Seis Sigma e apresentam seu progresso.

As apresentações das equipes são feitas utilizando formatos padrão para uma performance rápida, direta e eficiente. A ênfase da apresentação é em dados, documentos e melhorias significativas. A apresentação dos dados em si é tão importante quanto as conclusões que a equipe tenha tirado dos dados. No desenrolar do projeto, documentação também é gerada e arquivada com os donos do projeto, e o conhecimento adquirido pela equipe é preservado para a posteridade. Um livro de melhorias do processo Seis Sigma é guardado na área de produção ou operação de negócios para documentar todos os esforços relacionados ao processo.

Especialistas internos e externos à empresa são convidadas a assistir estas apresentações de equipes. O conhecimento adquirido pela equipe é

compartilhado com os participantes durante as apresentações, e o diálogo de duas vias cria uma cooperação para aprender, compartilhar e experimentar. A gerência participa destas apresentações oferecendo suporte, comprometimento e mantendo as equipes concentradas nos objetivos da organização.

Documentação

Em cada estágio da metodologia padrão para alcançar o Seis Sigma, deve haver uma expectativa e uma exigência de documentação bem definidas para os estudos ou projetos. A documentação deve ser obrigatória em cada apresentação e tem de ser previamente vista pelos mentores de equipe. A documentação é necessária para preservar o conhecimento acumulado e o que foi aprendido sobre cada processo particular.

Esta documentação é, então, arquivada para uso futuro por outras equipes quando elas estudarem processos similares. A documentação também pode servir para preencher as exigências de documentação da ISO 9000, QS 9000 e Boas Práticas de Fabricação da FDA.

Relatório Bimestral de Acompanhamento de Progresso

O coordenador da área dos esforços Seis Sigma deve solicitar relatórios bimestrais de cada líder de equipe para acompanhar e relatar o progresso à gerência executiva. Estes relatórios bimestrais evitam quaisquer surpresas de falta de progresso de equipes durante as Revisões Mensais. O coordenador da área apresenta, então, um relatório bimestral de progresso à gerência, resumindo todas as atividades da equipe. O progresso em direção ao alcance do Seis Sigma é comparado com as metas do Plano de Desenvolvimento, e o tempo real, *versus* o programado, é medido e acompanhado para manter todo o programa Seis Sigma em foco em movimento.

Prêmio de Reconhecimento

Para reconhecer e promover o interesse das equipes, um prêmio deve ser oferecido para cada membro da equipe que completar com sucesso a caracterização total de um processo e atingir o Seis Sigma. O prêmio engloba três coisas: uma placa; um apostilado; um distintivo de lapela e a inscrição para a Competição Seis Sigma. A placa de prêmio deve ser projetada de forma que um apostilado para cada estudo ou projeto Seis Sigma completado pelo indivíduo participante possa ser acrescentado para nomeações subsequentes.

A Competição Seis Sigma

Uma vez por ano, todos os estudos e projetos que alcançarem os níveis Seis Sigma de melhoria participam da Competição Seis Sigma. As equipes apresentam seus estudos e projetos, sua abordagem e suas melhorias. Um grupo de especialista avalia e julga as funções e melhorias da equipe para assegurar que correspondam aos critérios de avaliação e, por um processo de eliminação, um vencedor é escolhido.

Neste evento, os membros da organização vêem e experienciam os esforços da organização na busca da qualidade, comprometimento, melhorias, eficiência. Logo, eles experienciam uma reafirmação do comprometimento da empresa em alcançar o Seis Sigma. A organização também pode mostrar o quanto valoriza as contribuições e realizações de indivíduos e equipes. A Competição Seis Sigma é um mostrar e agir que dá novo poder às equipes.

Quanto Custa Alcançar o Seis Sigma?

Muitas organizações estão interessadas em saber quando custa alcançar o Seis Sigma. Isto depende de alguns fatores: do nível de performance atual da organização em comparação às metas do Seis Sigma e do nível de comprometimento para alcançar estas metas.

Em 1997, o comprometimento de Jack Welch com os esforços Seis Sigma na GE somou uma quantia de 300 milhões de dólares para desfrutar de 600 milhões de benefícios.

Como Superar a Resistência e Alcançar a Adesão?

Para superar a resistência e conseguir adesão, a mudança precisa ser iniciada no topo da organização. A mudança mais crucial em uma organização para implementar o Seis Sigma com sucesso é que a liderança gerencial os CEOs e seu *staff* esteja convencida e necessite que o Seis Sigma seja a solução para movimentar seus negócios

Como a alta liderança executiva lidera a mudança cultural do Seis Sigma, os demais gerentes a seguirão, e ela chegará aos funcionários envolvidos nos processos administrativos, de serviços e de fabricação.

Esta é a lição definitiva tirada da implementação do Seis Sigma e , por esta razão, de qualquer mudança revolucionária em uma organização. Os CEOs devem ser os líderes definitivos no programa Seis Sigma: Jack Welch faz isto para a GE; Larry Bossidy faz isto para a Allied Signal; E Bob Galvin fez isto em 1987 para a Motorola.

Ferramentas Utilizadas para Alcançar o Seis Sigma

- Planejamento de Ação
- **Análise de Variância**
- ***Benchmarking***
- ***Box Plots***
- Sessões de *Brainstorming*
- Matriz de Causa e Efeito
- **Diagramas de Causa e Efeito**
- Processo de Aceleração de Mudança
- **Folhas de Verificação**
- **Diagramas de Concentração**

- **Gráficos de Controle**
- **Gráficos de Contagem Acumulativa**
- **Diagramas de Afinidade**
- **Gráficos de Barras**
- **Distribuição Binominal**
- **Experimentos Box-Behnken**
- *Brainwriting* (um *brainstroming* escrito)
- Logs de Ação Corretiva
- **Experimentos Composto Central**
- Teste de Qui-Quadrado
- Análise de Concordância
- Análise de Custo/Benefícios
- Análise de Tempo de Ciclo
- Mapeamento Decomponível
- Milhão de Defeitos por Oportunidades
- Defeitos por Milhão
- Defeitos por Unidade
- Análise Sensorial Descritiva
- **Estatística Descritiva**
- Análise Destrutiva de Calibre
- Milhão de Erros por Oportunidade
- Erros por Milhão Erros por Unidade

- **Operações Evolucionárias (EVOP)**
- Facilitação
- Gráfico de Fluxo
- FMEA's
- **Experimentos Fatoriais Fracionários**
- Gráficos Hierárquicos
- **Histogramas**
- Teste de Hipóteses
- Escalas Likert
- Visão Macro & Micro
- Gráfico de Amplitude de Performance de Processo Manual
- Gerenciamento de Reuniões
- **Análise de Regressão Múltipla**
- **Estatísticas Não-Paramétricas**
- **Distribuições Normais**
- OCAP's
- **Arranjos Ortogonais (experimentos Taguchi)**
- **Estatísticas Paramétricas**
- **Diagramas de Pareto**
- **Gráficos de Setores (pizza)**
- **Experimentos Plackett-Burman**
- **Distribuição de Poisson**

- Planos Positrol e Logs de Positrol
- Análise de Possibilidade
- Folhas de Procedimento
- **Análise de Capacidade do Processo**
- Mapeamento do processo
- **Análise do Potencial do processo**
- Gerenciamento do Projeto
- Matriz de Pró-Solução
- Análise de Repetibilidade
- Análise de Reprodutibilidade
- Análise de Causa Raiz
- **Método de Superfície de Resposta**
- **Gráficos de Funcionamento**
- **Planos Amostrais**
- **Diagramas de Dispersão**
- Contagem & Categorização
- **Sigmas**
- Experimentos *Split Plot*
- Storyboarding
- **Análise de Estratificação**
- **Tolerância**
- **Variação**

- Padrões de Trabalho
- Tabelamento de Equipes
- Análise de Valor
- Voz do Cliente

Nota: As ferramentas grifadas acima em negrito são tipos de programas tradicionais da qualidade e baseadas na estatística aplicada. quais ferramentas, técnicas e métodos particulares, e a ordem na qual eles devem ser aplicados, são determinados e definidos pela Metodologia M/PCpS.

A Metodologia M/PCpS Para Alcançar o Seis Sigma

O que É uma Metodologia?

Uma metodologia é mais do que simplesmente um método __ uma maneira ordenada, lógica e sistemática de realizar alguma coisa. É um conjunto

de ferramentas, técnicas, métodos, princípios e regras, organizado de forma clara, lógica e sistemática, para uso como guia, e uma descrição passo a passo de como se alcançar alguma coisa __ algo como o estudo, análise e avaliação de determinado assunto.

Uma metodologia sólida fornecerá um estudo comprovado, um procedimento passo a passo que pode ser facilmente seguido por todos. Isto significa selecionar os métodos, ferramentas e técnicas corretos __ e as formulações apropriadas, quando necessário __ e, então, estabelecê-los na seqüência correta e, finalmente, estabelecer o conjunto de regras e procedimentos adequados.

A Metodologia M/PCpS para a realização do Seis Sigma é um conjunto de ferramentas, técnicas, princípios e regras estatísticas. Matemáticas, empresariais e comportamentais organizadas de forma lógica, sistemática e clara, usado seqüencialmente, passo a passo, para caracterizar, otimizar e controlar um processo. Além disso, a Metodologia M/PCpS contém suas próprias exigências de vias e documentação para assegurar que tudo esteja nos trilhos e suas próprias salvaguardas para evitar que se saia dos trilhos.

Por que a Padronização de uma Metodologia

Em uma equipe recém-formada para caracterizar e otimizar um processo, cada membro tem normalmente em mente uma metodologia pessoal, ou seqüência de passos para realizar a tarefa. As metodologias pessoais de cada indivíduo são baseadas em sua própria experiência e envolvimento anterior em projetos de solução de problemas.

Cada membro da equipe buscará convencer a equipe a seguir seu conjunto de passos. Isto geralmente cria discussões, perda de tempo e reuniões improdutivas, gerando uma atmosfera de confusão, desordem e falta de direcionamento claro. Às vezes, os membros da equipe podem perder o interesse e não cooperar devido à sua discordância com respeito à metodologia dominante.

Com o intuito de evitar estas ineficiências, dois ingredientes são necessários: padronização e uma metodologia sólida. O Estudo de Caracterização de Processos e Máquinas __ M/PCpS (*Machine/Process Characterization Study*) é um estudo comprovado que fornece os passos a serem seguidos na caracterização e otimização de processos técnicos e não-técnicos, eliminando, assim, a perda de tempo e dinheiro em estudos ou projetos que não renderão resultados.

A padronização elimina a necessidade de que uma equipe planeje uma nova metodologia para cada estudo. A Metodologia M/PCpS libera a equipe para que ela se concentre no processo determinado __ suas variáveis, características e comportamento e sua análise e melhoria __ em vez de precisar se concentrar no desenvolvimento de uma metodologia. A padronização cria uma linguagem comum na comunicação sobre a caracterização de processos e fornece à equipe um direcionamento comum. O gerenciamento e o acompanhamento do progresso dos estudos e projetos são simplificados, pois cada estágio da Metodologia M/PCpS possui um resultado claro e previsível.

Alcançar níveis de performance Seis Sigma não é uma questão fácil e geralmente requer tempo, esforço e recursos significativos da empresa. Porém, mais importante, requerer uma sofisticada metodologia de melhoria composta de ferramentas estatísticas sólidas organizadas em uma ordem de progressão lógica e matemática.

A Metodologia M/PCpS é uma integração de técnicas variadas: Gerenciamento de equipe e projeto, Benchmarking, Solução de Problemas Estruturados, Análise de Sistema de Medições, Análise de Capacidade do Processo, Planejamento de Experimento e Controle Estatístico de Processo, entre outros. A Metodologia M/PCpS foi criada para dois tipos fundamentais de

processos: processos técnicos, como os de fabricação, e processos não-técnicos, como os administrativos de serviços ou de transações. Por que isto? A experiência tem demonstrado que as técnicas, métodos, ferramentas e, mais importante, os métodos estatísticos são diferentes nos dois tipos de processo. Em processos não-técnicos, as características seguem distribuições não-normais, em geral.

A Metodologia M/PCpS para Processos Técnicos:

Processos de Manufatura e Produção

A Metodologia M/PCpS é uma investigação analítica por passos que utiliza um método padronizado para determinar a capacidade atual de um processo e para identificar e reduzir ou eliminar suas maiores fontes de variabilidade. Um estudo só termina quando a capacidade meta ($Cpk = 2,0$ ou Seis Sigma) for alcançada ou quando maiores investigações não forem mais economicamente viáveis. A metodologia é dividida em cinco estágios progressivos:

- Estágio 1: Delineamento do processo.
- Estágio 2: Caracterização da Metrologia.
- Estágio 3: Determinação da Capacidade.
- Estágio 4: Otimização.
- Estágio 5: Controle.

O Estudo de Caracterização de Processos e Máquinas define uma metodologia padrão com o propósito de caracterizar e otimizar equipamentos e processos de Manufaturas. Os cinco estágios apresentam uma progressão lógica e uma seqüência de eventos planejadas em uma ordenação tal, que se preservem e garantam as suposições estatísticas e matemáticas ao longo da análise. Os formulários e folhas padronizadas da Metodologia M/PCpS levam o praticante por todos os passos importantes necessários para alcançar processos de manufaturas capacitados. Eles também fazem parte da documentação dos estudos que são armazenados em um sistema de banco de dados em um computador para serem compartilhados com outras áreas de manufatura.

1º Estágio: Delineamento de Processo

O propósito deste estágio é o de descrever por completo a máquina e o processo em estudo. Isto é feito dissecando-se a máquina e o processo em suas características funcionais e, depois identificando-se continuamente todas as variáveis independentes em cada característica funcional. Tendo feito isto, todas as variáveis de respostas ou variáveis dependentes são listadas e classificadas de acordo com sua inter-relação com as variáveis independentes na Tabela de Referência Cruzada. Esta é usada ao longo de todo o estudo, sendo a chave para o sucesso do experimento estatístico.

2° Estágio: Caracterização da Metrologia

O segundo estágio define a metrologia necessária para avaliar as variáveis de resposta em investigação e para quantificar a variação que ela traz para todo o estudo. Este estágio define e identifica as técnicas necessárias a serem aplicadas para quantificar esta variabilidade, seja o sistema de medição destrutivo ou não-destrutivo.

3° Estágio: Determinação da Capacidade

O objetivo deste estágio é determinar a capacidade atual da máquina e/ou processo, passando-se um produto pelo processo em níveis ótimos

conhecidos. É neste estágio que os dados são coletados com o propósito de fazer previsões e inferências sobre o comportamento do processo ao longo do tempo. Estatísticas descritivas são calculadas para se conhecerem a tendência central e a variabilidade do processo. Testes de confiança são feitos para validar a forma das distribuições. Então, os dados são analisados para estabilidade e controle estatísticos, e estudos de repetibilidade, potencial e capacidade são conduzidos. Ao passar por estes níveis de detalhe, os indivíduos, conduzindo e participando do estudo, adquirem um conhecimento excepcional do processo que os leva a conduzir experimentos e otimizações estatísticas muito produtivas.

4º Estágio: Otimização

A otimização é o estágio mais importante porque enfatiza a redução da qualidade de variação encontrada no estágio anterior. A redução da variabilidade (desvio padrão ou sigma) é a solução para muitos problemas de manufatura, especialmente quando os processos são considerados incapacitados, o Cpk é menor do que 1,0, ou quando eles possuem uma capacidade menor do que a da meta de Cpk igual a 2,0 .

Experimentação estatisticamente planejada é a primeira ferramenta utilizada no estágio de otimização, A princípio, teorias são formuladas e, então

convertidas em problemas estatísticos (hipóteses) e depois comprovadas verdadeiras ou falsas com testes estatísticos. Estes testes são de vários tipos: testes paramétricos, testes não-paramétricos, experimentos de fator único e de fatores múltiplos. Durante a otimização, experimentos estatisticamente planejados são conduzidos com os seguintes objetivos em mente: a) centralizar a distribuição das variáveis de respostas contra os limites de especificação; b) reduzir a quantidade de variação (desvio padrão) nas variáveis de respostas; c) determinar os efeitos principais e interativos das poucas variáveis independentes “vitais”; e d) identificar os níveis ótimos destas variáveis.

Os diferentes planejamentos de experimentos freqüentemente utilizados neste estágio são: Fatorial Completo, Fatorial Fracionário, Arranjos Ortogonais (experimentos Taguchi), experimentos Plackett-Burman, experimentos Composto Central, entre outros. Algumas técnicas de otimização são: Metodologia de Superfície de Respostas (MSR), Operações Evolucionárias (EVOP) ou Análise de Regressão. 9,10

5º Estágio: Controle

O quinto e ultimo estágio na Metodologia M/PCps é o de controle. Após o processo ter se tornado capacitado e estável através da Otimização, controles necessários de prevenção e de correção são determinados. Gráficos de

controle são a última ferramenta a ser implementada ao se analisarem processos de manufatura ou ao se conduzirem estudos de capacidade do processo. Infelizmente, devido à simplicidade natural dos gráficos de controle, eles são normalmente a primeira ferramenta a ser implementada. Isto, em geral, leva à frustração por parte dos operadores e engenheiros ao se confrontarem com condições fora de controle para as quais as variáveis independentes influentes correspondentes não são conhecidas. Por este motivo, controles de processos, como gráficos de controle e planos positrol, não são implementados até uma completa compreensão e caracterização da máquina e do processo (efeitos principais e interativos das poucas variáveis independentes “vitais”) serem alcançadas. É neste estágio anteriores é transferido para a produção e para os operadores.

Neste estágio final, variáveis de respostas críticas são monitoradas e controladas com técnicas de gráficos de controle. As variáveis independentes importantes são monitoradas por um plano positrol e um log positrol. Estes vão assegurar que as variáveis independentes se mantenham em seus níveis ótimos conforme foram definidos no estágio de Otimização. As poucas variáveis independentes “vitais” que influenciam a variabilidade, e cujos níveis ótimos são difíceis de se controlar e manter em uma condição estável (mesmo depois da otimização), são monitoradas pelo plano positrol e com gráficos de controle. Neste ponto, todo o sub processo e máquina são trancados em seu nível ótimo, e as variáveis de resposta devem exibir variação mínima.

A Metodologia M/PCpS para Processos Não-Técnicas:

Processos Administrativos, de Serviços e de Transações

Para projetos não-técnicos de melhorias, a Metodologia M/PCpS também fornece um passo a passo claramente definido. A metodologia não-técnica tem por objetivo melhorar os processos administrativos, de serviços e de transações. Praticamente eliminado ou reduzindo defeitos, erros e falhas, os processos alcançam capacidade de Performance Seis Sigma.

A Metodologia M/PCpS para processos não-técnicos é similarmente dividida em cinco estágios progressivos:

- Estágio 1: Delineamento do Processo.
- Estágio 2: Geração de Medições.
- Estágio 3: Determinação da Performance.
- Estágio 4: Minimização Estruturada de Lacunas.
- Estágio 5: Monitoração e Controle Total.

Os estágios trazem uma ordem estruturada para o uso de métodos, ferramentas e estatísticas do início ao fim. Cada estágio define marcos a serem alcançados pelas equipes envolvidas nos projetos de melhoria. O propósito da metodologia é ser objetiva e científica ao lidar com projetos não-técnicos de melhoria e também incluir medidas, risco e confiança na tomada de decisão.

Estágio 1: Delineamento do Processo

Este estágio envolve definir o processo e os sub processos, seus limites, elementos, relações e suas interações, e suas variáveis de entrada e saída (*input e output*). Um mapeamento decomponível é utilizado para se obter uma visão macro ou micro do processo.

Estágio 2: Geração de Medições

O sistema de medições necessário para avaliar as variáveis de saída e quantificar a concordância das escalas de medição é definido. Escalas Likert podem ser produzidas, incluindo análise sensorial descritiva e métodos de

classificação e contagem, dependendo da complexidade das respostas em estudo. Outros métodos, como parâmetros de comparação e análise da satisfação do consumidor, podem ser exigidos neste estágio.

Estágio 3: Determinação da Performance

É necessário, agora, determinar a habilidade atual do processo (administrativo, de serviços ou de transações) para fornecer o serviço dentro da capacidade de performance Seis Sigma, estabelecendo a lacuna entre a performance da matriz de respostas e as metas. Todas as estatística descritivas paramétricas e não-paramétricas são calculadas neste estágio.

Estágio 4: Minimização Estruturada de Lacunas

Melhora (fechar) a lacuna que existe entre a meta (Seis Sigma) e a matriz de resposta de referência é o próximo objetivo. Através do planejamento, projetos, testes e análise das possibilidades (idéias, teorias ou hipóteses), os processos serão consertados, corrigidos ou melhorados, e a lacuna,

minimizada. Experimentos auxiliados pela análise de possibilidades, análise de regressão e análise de custo/benefício são utilizados neste estágio.

Estágio 5: Monitoração e Controle Total

Finalmente, é necessário monitorar o sistema para obedecer às metas de melhorias, prever deterioração e estabilizar controles e procedimentos para manter a capacidade de Performance Seis Sigma e a satisfação total do cliente. A partir da conclusão do Projeto, a política, a padronização e a documentação são estabelecidas e mantidas.

Comparação entre o Seis Sigma e os Programas Tradicionais de Qualidade.

O programa Seis Sigma é apresentado como uma novidade revolucionária por seus criadores.

Ao estudarmos mais detalhadamente o Programa de Qualidade Seis Sigma, a estratégia de implementação e as ferramentas utilizadas, chegamos a conclusão de que:

A não ser pelo maior comprometimento de alta gerência e de alguma metodologia de implantação padronizada com a M/PCpS, o Programa Seis Sigma não introduz nenhuma das filosofias e técnicas já utilizadas por Deming, Ishikawa ou Taguchi entre outros gurús da qualidade.

O maior desafio do Programa Seis Sigma está em implementar ferramentas típicas do **Controle Estatístico de Processos, Círculos de Controle de qualidade e Métodos de Taguchi combinadas**. O que não é uma tarefa de fácil execução.

O projeto Seis Sigma pode até ser um modismo passageiro. O que importa em nosso trabalho é que as ferramentas tecnológicas de base estatística são as mesmas que já conhecemos de outros Programas de Qualidade.

O que aparentemente existe é uma seqüência de siglas e nomes nos últimos 50 anos, sendo que uma delas esta sempre em evidência como o nome da moda . Como todo modismo ele passa por um apogeu seguido pelo declínio passado alguns anos.

O que podemos observar é que cada nova proposta está associada a algumas, técnicas novas de base estatísticas, cada vez mais complexa.

Os poucos consultores que dominam estas técnicas hoje chamados de “faixa preta master” ou até “campeões de projetos”.

Como poucos profissionais no mercado tem a proficiência necessária ou a base de conhecimento estatístico aplicada, o programa Seis Sigma apresenta-se como um novo filão de mercado para consultores muito bem remunerados.

O moto do Seis Sigma que é a dramática redução da variabilidade. Isto não é diferente do que Deming lecionou aos japoneses em 1950 sob uma nova apresentação.

A roupagem no entanto é nova e atrativa e leva as grandes corporações a gastar uma fortuna na contratação ou treinamento dos campeões de projetos

e dos diversos faixas pretas e verdes necessários para a implantação do programa.

Capítulo - VII

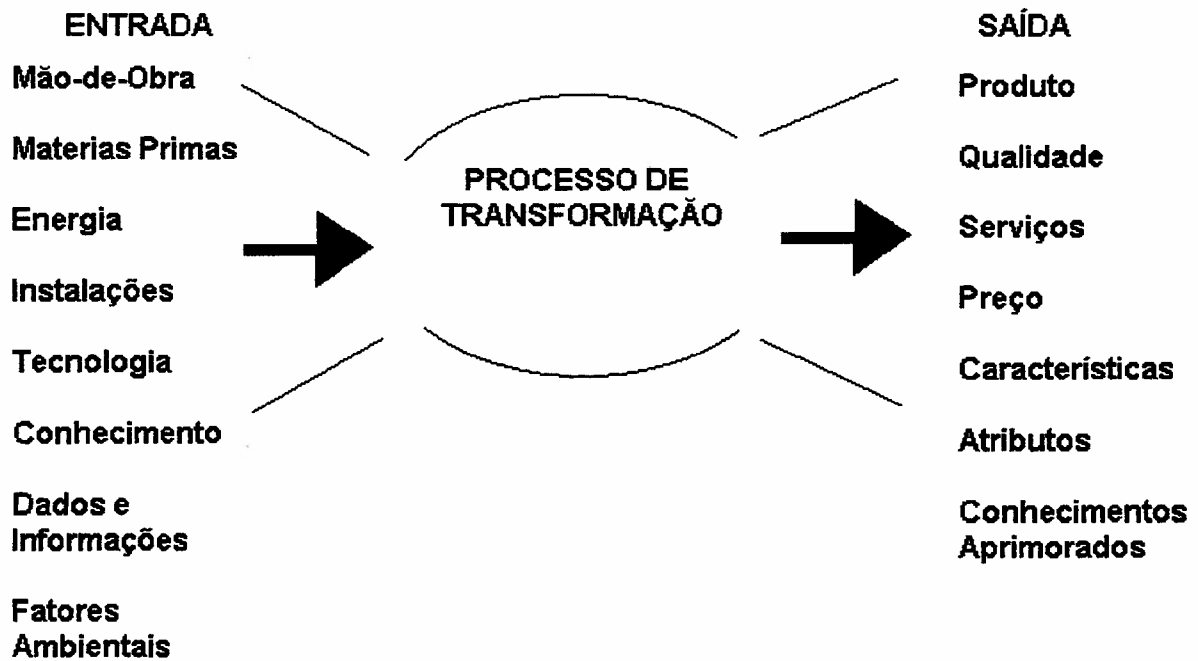
Modelo de Análise de Dados e Delineamento de Experimentos

Processo

O processo pode ser definido como uma atividade ou mesmo uma série de atividades que causam uma transformação.

O melhor diagrama que explica o processo é o descrito abaixo.

Diagrama de Processo



Muitas vezes é difícil identificar o processo na prática da administração.

Normalmente é mais fácil observar um processo natural ou da indústria ou mesmo no dia a dia.

O próprio diagrama acima lembra uma turbina de avião. A estrutura de uma turbina é um processo complexo e que necessita de alta confiabilidade.

As entradas da turbina de avião são o combustível, ar, lubrificantes, controles de pressão, ignição, velocidade, potência e compressor.

Como resultado da transformação temos o empuxo, a velocidade, a temperatura, o grau de queima do combustível, a eficiência obtida, a confiabilidade de funcionamento sob diversas condições de operação e etc...

Fica claro neste modelo que existe um grande número de variáveis dependentes e variáveis independentes.

Podemos simplificar e chamar as variáveis independentes de causas e as variáveis dependentes como efeito.

Podemos também normalmente separar as causas entre as que podemos controlar daquelas sobre as quais não temos controle. No caso da turbina podemos controlar a qualidade do combustível utilizado mas não temos como controlar a qualidade do ar sugado pela turbina e se este ar sugado tiver um pedaço de metal que caiu do avião que estava na frente podemos ter mais um incidente grave como foi o que ocorreu com o Concorde que caiu na França no ano passado.

Em última palavra o que nos interessa no processo de análise de dados é melhorar o nosso conhecimento dos nossos processos na administração. Estes processos podem ser processos industriais na manufatura de bens como processos mais relacionados com a administração em geral como o atendimento ao cliente.

O estudo de processos e a melhoria dos mesmos tem sido estudado exaustivamente na implantação do "Benchmarking" ⁷⁹ e "Business Process Reengineering". ²⁹

Muitos dos processos estudados por estas tecnologias mais recentes podem ser divididos em uma serie de processos mais simples operando em serie e em paralelo.

Estes processos mais simples são mais fáceis de serem estudados e tem relativamente poucas variáveis e as relações de causa e efeito entre as variáveis independentes e as variáveis dependentes mais simples ou possíveis de simplificação. Mesmo que muitas vezes há um certo exagero nas simplificações feitas. A excessiva simplificação de modelos é comum na prática da administração.

Além do processo ter suas relações de causa e efeito. Ele também tem variações dos efeitos causadas ou não por variações independentes e sobre as quais podemos ou não controlar.

Como vamos ver nos programas de qualidade "seis sigma" para que os produtos e serviços consigam ser praticamente perfeitos isto não é possível apenas fazendo um controle estatístico de processos CEP que na melhor das hipóteses trabalha com mais ou menos três ou quatro sigma e não os "seis sigma" como metas deste programa.

O problema é como melhorar o conhecimento de causas e efeitos a ponto de poder identificar quais as variáveis independentes que:

1. São relevantes e influenciam os efeitos “parâmetros” que nos interessam;
2. São relevantes e influenciam a variação dos efeitos “parâmetros” que nos interessam;
3. Variáveis independentes sobre as quais não temos controle mas influenciam os efeitos “parâmetros” que nos interessam;
4. Variáveis independentes sobre as quais não temos controle mas influenciam a análise;
5. variação dos efeitos “parâmetros” que nos interessam;
6. Variações intrínsecas dos processos mais conhecidos como variações aleatórias que não podemos atribuir a nenhuma variável controlável ou não e que influenciam tanto o valor quanto a variação dos efeitos “parâmetros” que nos interessam. !

Certamente neste caso há variáveis independentes que podem ser a causa da variação mas não sabemos quais são piores, mas temos uma definição exata do processo em estudo.

Em última análise não conhecemos todas as relações de causa e efeito mesmo nos processos mais simples a complexidade é muito grande e nos processos simplificados ou manipulados pelo ser humano a complexidade é ainda maior.

Para exemplificar podemos pegar um atendente de serviço de atendimento ao cliente que está na linha com um cliente.

O tipo de resposta que o atendente vai dar pode depender não só do seu conhecimento e treinamento dado na empresa mas de uma série de outros fatores que podemos listar abaixo:

- Bom ou mau humor naquele momento;
- Descontentamento com as condições de trabalho ou ambientais da empresa;
- Carga de “stress” relacionado ao trabalho;
- Problemas de ordem pessoal e familiar;
- Problemas de ordem econômica/financeira

- ❑ Problemas relacionados as condições ambientais (calor, frio, trânsito para chegar no escritório)
- ❑ Problemas de conhecimento deficiente;
- ❑ Problemas de treinamento inadequado;
- ❑ Brigas na empresa ou com o chefe;
- ❑ Problemas econômicos do país (desemprego);
- ❑ Resultados dos últimos jogos do seu time favorito ou a posição deste no campeonato;
- ❑ Tragédias divulgadas pelos meios de comunicação;
- ❑ Tipo de alimentação, bebida e exercícios físicos;
- ❑ Problemas de saúde física e mental.

Como podemos ver esta é uma lista parcial de fatores que podem afetar a uma pessoa do serviço de atendimento ao cliente.

É praticamente impossível ter todas variáveis em conta na análise do serviço de atendimento ao cliente.

Processo como caixa preta

Qualquer processo pode ser definido como uma “caixa preta” sobre a qual nada conhecemos e que tem uma série de variáveis dependentes (efeitos) como resultado de uma série de variáveis independentes (causas).



Em muitos processos e em diversas organizações as relações de causa e efeito não bem conhecidas ou até razoavelmente conhecidas por um número reduzido de profissionais.

Um dos exemplos mais claros das relações de causa e efeito seria o da preparação de alimentos. Seria o mesmo do que fazer um bolo.

O resultado do bolo que interessam a quem vai consumi-lo depende de uma série de fatores.

Abaixo podemos fazer uma pequena lista de variáveis dependentes que podem ser consideradas pelo consumidor.

Sabor	Tempero
Maciês	Custo de fabricação
Aspecto	Complexidade do preparo
Doçura	Tempo de espera
Umidade	

As variáveis independentes podem ser as seguintes:

- ingredientes utilizados (diversas variáveis) proporção de cada ingrediente (sólido e líquido), qualidade dos ingredientes (diversas variáveis), preparo da massa (diversas alternativas), tempo de descanso da massa, teor do fermento e/ou tipo do mesmo, temperaturas e distribuição dentro do forno.

Fatores ambientais como temperatura e umidade ambiente, tempo de cozimento, tempo de resfriamento, acondicionamento do bolo após a preparação e temperos adicionados (baunilha, canela e etc...).

Assim como na simples fabricação de um bolo caseiro há uma série de variáveis

independentes o que afetam uma quantidade de variáveis dependentes que no fim nos dizem a respeito de a melhor aceitação de quem vai comer o bolo (satisfação do cliente).

Explorando um pouco mais este exemplo vamos ver como os bolos são preparados num ambiente não industrial (excluindo-se as fabricas de bolos em série).

A qualidade do bolo preparado pela aquela tia conhecida ou mesmo pela doceira famosa na fabricação do bolo.

Como se chegou neste nível de excelência é um processo de aprendizado e de tentativas e erros que com o passar do tempo (e isto pode ter levado anos) até que o processo de fabricação do bolo fosse de grande aceitação dos consumidores.

Neste caso é importante lembrar que os consumidores não tem o mesmo gosto, uns preferem o bolo mais doce, mais seco, mais firme, com ou sem recheio ou

qualquer combinação destes fatores. A não ser que o bolo seja feito especificamente para atender as exigências de um consumidor específico, o que não vem ao caso neste trabalho ele tem que atender da melhor forma a maioria das pessoas que chamamos de público alvo.

Este pode ser até o exemplo que vamos mencionar posteriormente como o uso do delineamento de experimentos nas pesquisas de mercado aonde se pode estudar qual o tipo de bolo que melhor atende as exigências, em média, dos consumidores objetos do nosso estudo. O resultado logicamente será diferente se o público alvo for de crianças em festa de aniversário ou de adultos da terceira idade.

O bolo mais desejável para crianças será considerado muito doce e este enjoativo para o segundo grupo.

Voltando a fabricação do bolo o que levou aquela tia sem nenhum conhecimento de estatística e delineamento de experimentos a fazer bolos com um grau de perfeição bastante elevado o que a tornou famosa dentro da família como a melhor fazedora de bolos de toda a família.

A resposta é certamente a experiência. A experiência da tia baseada numa habilidade intrínseca da pessoa, o que chamamos de “ter mão para fazer bolos”

aliada a anos de experimentação não estruturada . O conhecido processo de tentativa e erro.

Se quisermos fazer bolos como o da tia temos que conhecer os segredos do seu processo de fabricação. Não é suficiente apenas conseguir a receita porque ele representa apenas uma pequena parte do processo.

Quantas pessoas tentaram e não conseguiram copiar o bolo da tia mesmo tendo uma receita detalhada em mãos.

A experiência da tia vem de anos de aprimoramento escolhendo de uma forma não estruturada os diversos ingredientes. A combinação dos ingredientes os detalhes de preparação da massa. As alternativas de preparação quando os ingredientes variavam ou mesmo o controle de temperatura dentro do forno ou até o uso de um único forno a vida toda e que mesmo estando a tempo de reposição jamais permitiu que a família comprasse um forno novo.

Nas décadas de experiência a tia aprendeu a lidar com as variáveis independentes e criar dentro de sua cabeça uma série de relações de causa e efeito e de interação entre as variáveis bem como um grau de perfeição do produto final quase que independente utilizada.

A habilidade da tia de fazer bolos tornou-se uma competência essencial (core

competencies) dentro dos conceitos de Prahalad.²⁸

O seu conhecimento sobre a fabricação de bolos é que poderíamos chamar de “Business Intelligence” mesmo que ela não use este conhecimento para necessariamente ganhar dinheiro mas para fazer bolos, mas certamente este conhecimento traz prestígio e reputação além de que ele é sempre convidadas para as festas da família apesar da idade avançada.

Neste exemplo caseiro temos vários conceitos que gostaríamos de abordar sobre experimentação e conhecimento.

O primeiro conceito é que a experimentação não é um conhecimento novo. Ele é feito há milhares de anos pelo ser humano e até hoje pela tia que mal chegou a terminar o curso primário (quanto mais fazer pós-graduação na G.V.).

Os experimentos não são sempre estruturados e principalmente são feitos alterando um fator por vez como no dia em que a tia resolveu alterar a quantidade de fermento (mantendo todo o resto da receita constante), ou até no dia em que o forno foi trocado, o que causou uma série de bolos crus ou queimados a princípio. Antes que o controle de temperatura do forno, feito apenas pelo regulador de gás, fosse ajustado adequadamente.

O aprendizado foi penoso suficiente para que a tia nem pense em trocar o forno novamente apesar das ofertas do resto da família em dar um forno novo como presente de Natal. O que para ela seria como um presente de grego.

Os experimentos da tia foram feitos ao passar dos anos. Talvez centenas deles e sempre alterando algumas poucas variáveis de cada vez.

Muitas vezes a mesma receita feita da mesma forma resultava num bolo com gosto e textura diferente. O bolo feito no inverno (frio e seco) tinha gosto diferente do bolo feito no verão (quente e úmido), o bolo feito com farinha ou outros ingredientes de marca diferente também não tinha o mesmo gosto.

Capítulo - VIII

UTILIZAÇÃO DO DELINEAMENTO DE EXPERIMENTOS

1. Controle de Qualidade

As técnicas de delineamento de experimentos têm os mesmos objetivos do controle e administração de qualidade propostos por Deming há meio século.

Deming concluiu que um dos problemas de qualidade estava relacionado com as variações nos processos por diversas causas.

O objetivo inicial de fazer experimentos visava completar as técnicas on-line de controle de qualidade, como as cartas de controle, diagramas de Pareto, histograma, gráficos x-y, gráficos temporais e os gráficos de causa e efeito.

A estas ferramentas foram dadas a expressão on-line porque elas são geradas durante a operação fabril. O delineamento de experimentos introduzidos por

Genichi Taguchi foi denominado como engenharia de qualidade ou de “ off-line quality control “ pois eram elaborados fora da linha de produção.

No diagrama D - III -1, temos os vários aspectos da gerência total de qualidade.

Neste momento não precisaremos fazer nenhuma preleção a respeito dos benefícios da melhoria da qualidade, o que é de conhecimento de todos.^{16,17,25,30}

A melhoria da qualidade tem como fim um benefício econômico, claro que é o aumento do lucro ou valor adicionado.

Este benefício pode ser alcançado tanto pelo ganho do mercado como pela redução de custos como mostra o diagrama: D - VIII -1.

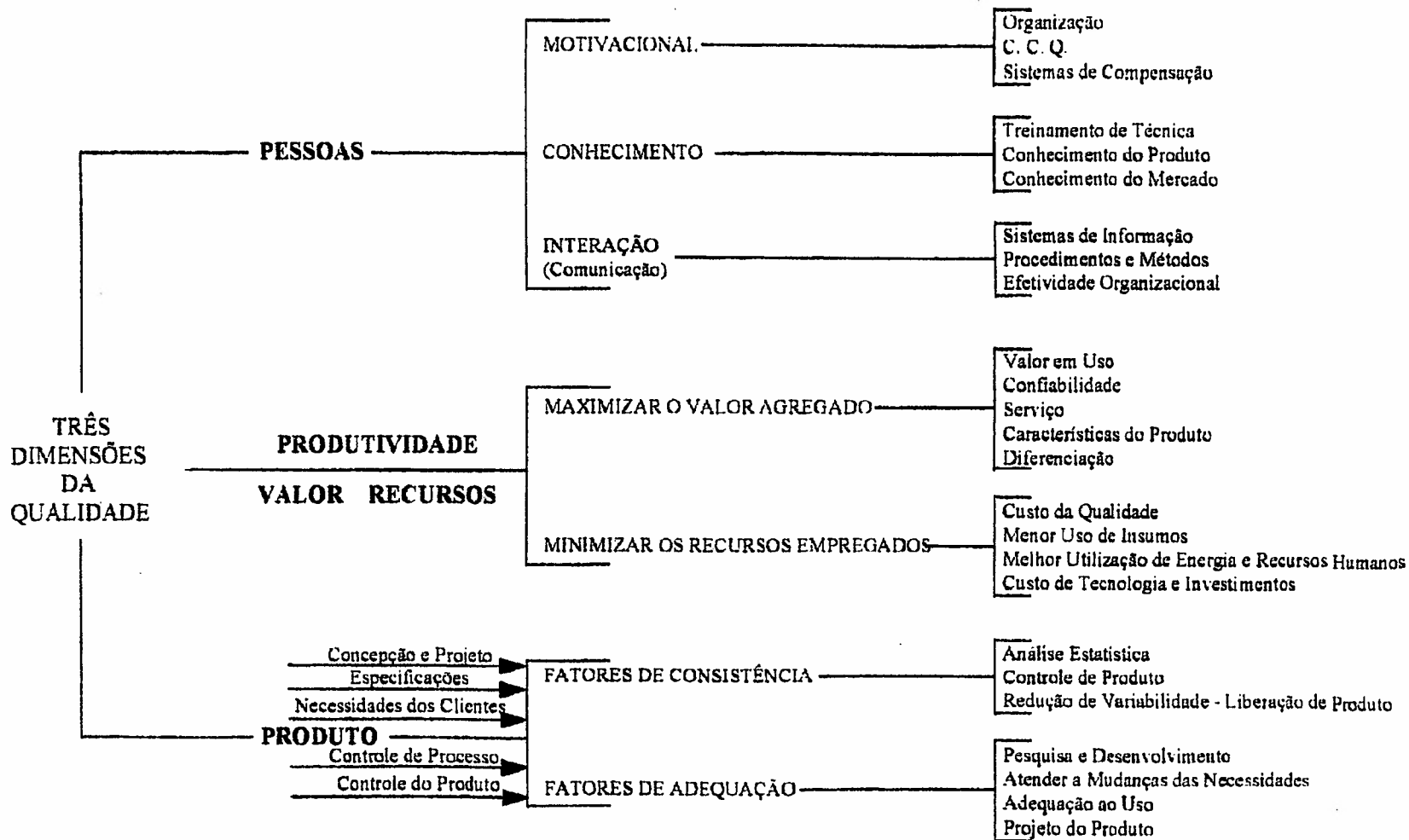
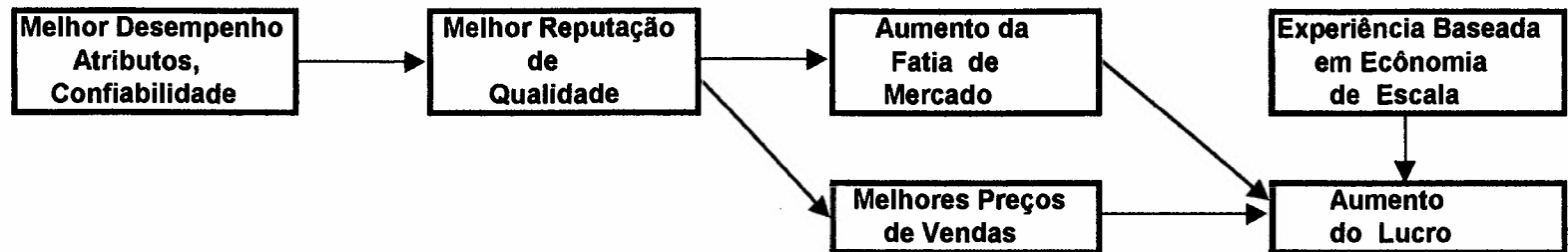


Tabela 4 - Gerência Total de Qualidade

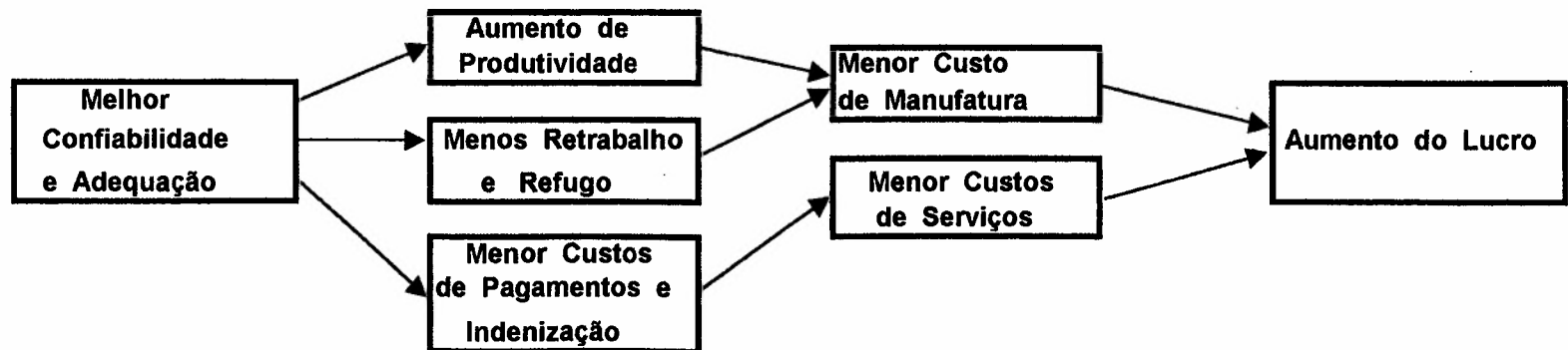
31/03

BENEFÍCIOS DA MELHORIA DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE

I - GANHOS NO MERCADO



II - REDUÇÃO DE CUSTOS



Neste diagrama mostramos as três dimensões da qualidade que foram abordadas por Deming.

A primeira dimensão foi a dos aspectos humanos da qualidade, que não fazem parte desta tese porque a tornaria muito extensa.

Os fatores motivacionais, de conhecimento e de interação são cobertos pelos conceitos e filosofia de Deming, principalmente nos seus famosos 14 pontos.

Os aspectos de produtividade são pouco abordados de modo direto, mas podem ser obtidos eventualmente pelos programas de melhoria continua KAIZEN ou pelo uso das ferramentas estatísticas on-line.

Na dimensão do produto é que temos que fazer a distinção entre os fatores de adequação e fatores de consistência.

Os fatores de qualidade de consistência indicam habilidade em atender as necessidades dos clientes ou os limites estabelecidos por estes. Neste caso as ferramentas tradicionais de qualidade de base estatística e mesmo os diagramas de causa e efeito podem ser utilizados com sucesso na redução da variabilidade (ponto primordial de Deming).

Taguchi com o seu método de delineamento de experimentos permitiu o avanço maior na redução da variabilidade.

A redução da variabilidade poderia ser feita através de experimentação nos processos de produção existentes descobrindo-se as causas mais importantes da variação ou causas que fossem possíveis de controle.

Numa segunda etapa os métodos de Taguchi foram utilizados para melhorar os processos e posteriormente o projeto dos produtos.

No projeto dos processos tentou-se aprimorar processos industriais que fossem mais consistentes menos variáveis ou que menor impacto causassem á variabilidade do produto.

No projeto do produto procurou-se fazer produtos que funcionassem em diversas condições de operações ou ambientais.

Estes processos e produtos foram chamados de produtos ou processos Rígidos ou Robustos.

O que seriam os processos ou produtos rígidos (resistentes) ou robustos ?

Por definição seriam produtos ou processos que possuem as seguintes características:

O seu desempenho é pouco sensível ou não afetado por:

- Tipo de utilização
- Condição de uso
- Variação nos componentes
- Variações externas (condições ambientais)
- Variações do processo de fabricação

O usuário ou consumidor atribui a produtos e processos robustos um grau de qualidade mais elevado do que os que não são robustos.

Processos de manufatura robustos:

As características do produto final não são afetadas pelas condições do processo.

O produto final tem desempenho semelhante independente da matéria prima, operador, componentes, ingredientes e outros fatores.

Os fatores robustos são os que imprimem menor variabilidade aos produtos gerados independentes de outras variáveis.

Um exemplo, é que o processo de cozinhar um hamburger no MC Donalds é um processo robusto, porque desde a temperatura da chapa, tempo de cozimento de carne de um lado e de outro , o treinamento do chapeiro a espessura, quantidade e tipo de carne moída é controlado a tal ponto que o resultado do produto final é sempre o mesmo de unidade, de um dia para o outro, de um lugar para o outro ou até de um país para o outro.

Outros exemplos de produtos robustos:

Automóvel Japonês – 1980 – Exige pouca manutenção

Utilitário 4x4 – Veículo para qualquer terreno, tração nas quatro rodas

Aparelho de TV – Funcionamento independente das oscilações de voltagem e potência do nível de vídeo.

Gado Nelore: Pouco sensível às doenças e parasitas. Adaptável às variações de pastagem e clima.

Software Windows: Utilizado por qualquer pessoa.

Animais Robustos:

“ Barata “ : totalmente adaptável a qualquer condição ambiental, existe a milhões de anos e sobreviveria a um ataque nuclear.

Educação Robusta:

A Escola deve focalizar os seus esforços em preparar as pessoas a serem bons aprendedores de forma que eles podem Ter um desempenho eficazmente quando as situações são impossíveis e as tarefas exigem mudanças.

Até o método de trabalho pode ser robusto 6.6

Em resumo o uso do delineamento de experimentos pode ser utilizado no controle de qualidade tradicional em duas áreas específicas.

A – redução da variabilidade de processos e produtos (redução do sigma).

B – Aprimorar projetos de processos de produtos para que eles sejam mais robustos

(propriedade e desempenho não afetado por variação das condições de entrada ou de uso)

VIDE RESUMO DE ROBUSTEZ NA TABELA (Página 157)

A diferença é que neste último há também uma redução do sigma. O que estamos fazendo é que o sigma fique menos sensível às variações sobre as quais não temos controle ou cujo controle pode ser complexo ou custoso.

Estes dois métodos são amplamente utilizados em todas as implementações do projeto " seis sigma ".

RESUMO DE ROBUSTEZ

- **ROBUSTEZ = DESEMPENHO NÃO AFETADO POR:**

Tipo de uso

Condição de uso ou ambientais

Variação dos componentes ou ingredientes

Ex.: Automóvel com pouca manutenção

Câmaras fotográficas automáticas

Software amigáveis – (Windows)

Animais adaptáveis

- **PROCESSO DE MANUFATURA:**

Não afetado pela variação dos “ inputs”

- **INSTRUMENTOS OPERADOS POR PACIENTES:**

Não afetados pela falta de experiência do operador

- **INSETICIDAS/ HERBICIDAS / FUNGICIDAS**

Aplicados por: Pessoas diferentes

Sob condições diferentes

Usando equipamentos diferentes

- **EDUCAÇÃO / ESCOLA**

Formar alunos para serem aprendedores adaptativos.

- **PRODUTOS FARMACÊUTICOS:**

Não afetados por clima, transporte, armazenagem, facilmente identificado pelo paciente, com dose indicada, etc....

2. Projetos Seis Sigma

Como já vimos no programa Seis Sigma o objetivo é fazer um avanço radical no que entendemos por controle de qualidade tradicional.

O Seis Sigma entende o objetivo da qualidade como a excelência. Qualquer coisa inferior é uma oportunidade para melhorar.

Quando passamos do bom (tres sigma) para o ótimo (seis sigma) o índice de conformidade passa de 99,74% para 99,9998% .

Apenas para citar três exemplos se a qualidade passar de + / - 6 sigma

	+ / - 3 σ	+ / - 6 σ
QUALIDADE DA ÁGUA POTÁVEL:	Insegura por por 15 min / dia	Insegura 1 minuto a cada 7 meses
CIRURGIAS ERRADAS NOS U.S.A.	5.000 / DIA	1.7 / SEMANA
<hr/>		
FALTA DE ENERGIA ELÉTRICA	7 HORAS / MÊS	1 HORA A CADA DOIS ANOS.
<hr/>		

Com estes exemplos fica evidente o salto quântico que é passar de três para seis sigma, como preconizam os programas desenvolvidos dentro da Motorola e G.E .

A iniciativa do “ Seis Sigma” é a de estabelecer um programa que quase elimina qualquer erro ou defeito.

O programa de treinamento dos líderes de Seis Sigma que são denominados de “ faixa preta” incluem um programa intensivo de quatro semanas.

Na primeira semana são utilizados os conceitos básicos de efetividade organizacional, planejamento do programa e introdução à estatística básica, utilizando um software estatístico.

Na segunda semana os assuntos abordados são mais concentrados ainda na estatística aplicada como:

Pensamento estatístico

Teste de hipóteses

Correlação

Análise multivariável e de regressão (simples)

Na terceira semana o peso e a profundidade do programa de estatística aumenta ainda mais com abordagem do:

Delineamento de experimentos

Experimentos fatoriais

Experimentos fracionários

Projeto de experimentos em bloco

EVOP (Evolutionary Operation)

Análise de Variância

Regressão Múltipla

Na quarta semana discute-se a respeito de planos de controle e CEP (Controle Estatístico de Processo) e CEP avançado.

Nesta etapa discute-se também a montagem de equipes e soluções de problemas.

Para obter o certificado faixa preta, o mais prestigioso, o profissional tem que dominar praticamente todos os assuntos mencionados nesta tese.

O faixa preta que funciona como um consultor de organização, tem que possuir o conhecimento de ferramentas estatísticas que permitam a organização dar

este salto quântico nos seus processos internos. Esta é a razão pela qual muitos dos programas Seis Sigma acabam no máximo operando no nível de quatro a cinco sigma e não nos padrões de excelência exigidos pelo programa.

A falta de conhecimento ou experiência nas disciplinas básicas de análise de dados e delineamento de experimentos é uma grande falha dos programas deste tipo quando aplicados sem o apoio e sem a experiência necessária.

Só para termos uma idéia da importância na última pesquisa da Quality Progress, um consultor “faixa preta” pode ter um salário superior a 100.000 dólares anuais (20.000 dólares a mais do que o consultor sem estas especificações). Alguns profissionais já estão com salário acima de 150 mil dólares por ano.

3. Uso do delineamento na reengenharia de processos

A principal diferença entre a reengenharia de processos e o TQM (total quality management) é que o TQM que foi desenvolvido inicialmente por DEMING tem como base a melhoria contínua dos processos.

Por outro lado a reengenharia de processos considera sistemas mais complexos e dinâmicos. Esta teoria que estuda sistemas que não são lineares e podem apresentar um comportamento caótico.

Enquanto o TQM fornece elementos para o crescimento e evolução de um negócio, a reengenharia tenta fazer a criação destrutiva (criar novamente a partir do zero).

A grande incidência de insucesso dos projetos de reengenharia levou a se repensar o processo de criação a partir da destruição do existente. Uma nova ciência dos sistemas complexos pode ser útil neste contexto.

A grande mudança feita pelos projetos de reengenharia tem muitas vezes falhado porque reprojeteu os processos e tomou atitudes simplistas o que não considerou que os sistemas complexos e dinâmico, que também não são lineares, podem até apresentar comportamento caótico. Lembramos aqui que os sistemas caóticos não são aleatórios, apesar de imprevisível os sistemas caóticos tem uma gama limitada de comportamentos que podem ser previstos por modelos matemáticos sofisticados.

Deixando os sistemas complexos de lado, que fazem parte de uma ciência quando aplicado aos sistemas organizacionais, voltamos aos problemas típicos de reengenharia de processos e de como eles podem ser solucionados

utilizando as técnicas em estudo neste texto, em particular o delineamento de processos.

Quando se estuda uma mudança radical de um processo é importante ouvir o que os clientes atuais têm a dizer. Johannon no seu livro Business Process reengineering usa como exemplo o delineamento de experimentos para conseguir uma “visão” para onde a empresa caminhar.

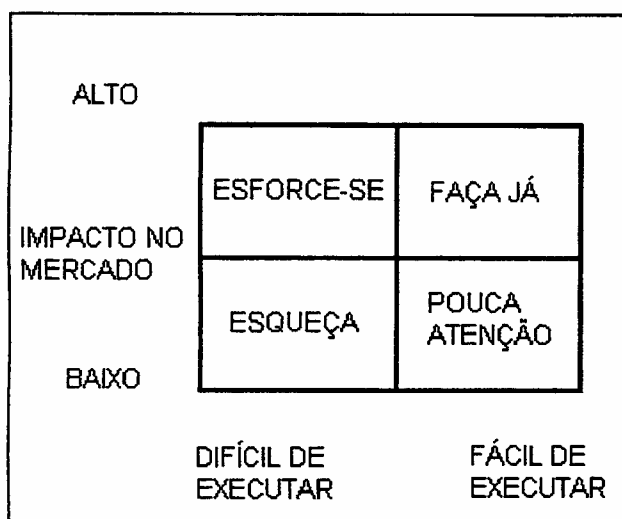
Após fazer um benchmarking das melhores práticas pode-se fazer um experimento aonde os participantes são questionados a respeito da melhor combinação de atributos. Este experimento pode ser construído utilizando uma matriz ortogonal com sete fatores com oito combinações de atributos em dois níveis pode ser construída.

O primeiro nível é aquele igual ao que a concorrência proporciona (market parity) e o outro nível é o que pode ser feito baseado nos comparativos de benchmarking (melhores práticas).

Pelo menos trinta e dois clientes deste processo podem ser escolhidos para ordenar as oito combinações, em ordem de preferência.

Com o tratamento estatístico adequado pode-se prever quais os fatores que têm um grande impacto na percepção do mercado e quais os que são menos relevantes (ruídos na tecnologia de Taguchi).

No projeto de reengenharia pode-se colocar os atributos num mapa de prioridades com quatro quadrantes.



O delineamento de experimento permite o seguinte:

- A – Identificação dos atributos ou combinação de atributos mais desejáveis pelo mercado;
- B – Atributos que aparentemente importantes nos resultados das melhores práticas do Benchmarking, mas que são de pouca relevância para o mercado;
- C – Priorizar os atributos que tem alto impacto no mercado mas são relativamente mais fáceis de serem executados;

D – Numa segunda etapa do projeto indicar os atributos que são altamente desejáveis pelo mercado mais de implementação, mais trabalhosa, como um esforço adicional para atender o mercado.

O importante é que mesmo em sistemas mais complexos o delineamento de experimentos aplicado a reengenharia vai trazer os benefícios de executar o "interessado" mesmo que não saiba exatamente o que ele quer.

Se por exemplo fizéssemos uma enquete teríamos como resultado que os clientes gostariam de ter todos os atributos no nível das melhores práticas. Uma impossibilidade de implementação real.

O delineamento de experimentos é ainda de maior utilidade quando as mudanças de processos são radicais porque permitem uma maior eficiência na aplicação de recursos e um menor risco do novo processo ser rejeitado pelos clientes (internos ou externos).

4. Delineamento de Experimentos em Marketing

O delineamento de experimentos pode ser utilizado em pesquisa de mercado da mesma forma que foi implementado na reengenharia no caso que acabamos de mencionar.

Pode-se fazer um experimento a respeito dos atributos de um produto ou serviço que tem a preferência média do consumidor.

Muitos fracassos nos lançamentos de produtos estão relacionados ao fato de não se ouvir a voz do consumidor. Fazer uma simples pesquisa de mercado não é suficiente porque muitas vezes a resposta do consumidor não aparece claramente. A relação do consumidor com os produtos e serviços não é iminente, é comum o consumidor ou cliente fazer o seguinte comentário: - Eu não sei o que quero mas quando eu vir o que quero, saberei com certeza.

Os atributos podem ser avaliados com experimentos aonde há uma avaliação de produtos e serviços com ou sem os atributos. Através de contrastes, a desejabilidade destes atributos ou a sua importância podem ser avaliados.

Outros experimentos já feitos são os de área de valor.

Um experimento restrito a poucos pontos de venda pode combinar preços, atributos e volume de vendas.

O que importa é a combinação de atributos, preços e volume de vendas que maximizam o retorno ou valor econômico ou o EVA (Economic Value Added).²²

Sem o uso da experimentação controlada o número de tentativas e erros seria muito grande e até desastrosa.

Se partíssemos de um preço muito elevado em relação aos benefícios percebidos pelo cliente (atributos importantes) o volume de vendas seria bastante reduzido.

Por falta de vendas reduz-se drasticamente o volume de vendas. Ai então o cliente pode até rejeitar o produto porque a empresa não tem consistência na política de preços ou porque até ele pode desconfiar da qualidade ou integridade da empresa ou até porque o baixo preço induza uma constatação de imagem do produto de pouco valor “barato” que pode até afastar o público alvo que nos interessa.

Estas decisões impensadas ou com base em afirmação não testada na pratica ou avaliadas estatisticamente têm sido exemplos de inúmeros fracassos ou erros que puderam ou não ser restritos.

Já vimos esta história antes.

5. Delineamento de Experimentos em Áreas Financeiras

Utilizando uma métrica de avaliação financeira e de desempenho como o Balanced Scorecard de Kaplan ⁴³ podemos desenvolver experimentos controlados que maximizem o resultado dos diversos aspectos do programa como:

Processos internos

Aprendizado e crescimento

Cliente

Finanças

Podemos então comparar o resultado potencial tendo o “Balanced Scorecard” como um sistema de mensuração e a análise de dados e a experimentação como forma de analisar o impacto de atributos.

Voltamos aqui no exemplo da caixa preta. As relações entre causa (atributos) e efeitos (resultados do Balanced Scorecard) são complexas e normalmente desconhecidas.

Candidato típico para o delineamento de experimentos.

É importante salientar que a estrutura do Balanced Scorecard serve para dar um valor a alguns aspectos inatingíveis como imagem da marca,

relacionamento com clientes, cadeia de suprimentos, conhecimento e aprendizado, comunicação interna e planejamento estratégico.

Estes aspectos normalmente são poucos observados nas métricas normais de avaliação dos negócios.

Finalmente o Balanced Scorecard permite partir da estratégia para a ação.

Capitulo - IX

A Pratica da Análise de Dados e Experimentos.

Como já vimos a análise de Experimentos e o delineamento de Experimentos tem se apresentado como as ferramentas mais utilizadas nas modernas técnicas de administração.

O programa Seis Sigma seria totalmente inviável sem estas tecnologias baixas e mesmo a Reengenharia de Processos ou mesmo a administração do conhecimento de negócios “Business Intelligence” teria uma eficácia relativa sem as ferramentas poderosas de base Estatística.

A combinação vencedora mesmo quando temos que lidar com modelos complexos é de fazer uma combinação de análise de dados junto com um número mais restritos de experimentos práticos principalmente devido ao custo e trabalho associados envolvido na execução de experimentos controlados.

1 – Guia Para Análise de Dados D – IX – 1

Temos a seguir um diagrama que sintetiza o uso dos métodos estatísticos e decisões advindo destes processos.

No final deste capítulo vamos mostrar exemplos práticos da sua implementação.

2 – Guia Para Delineamento de Experimentos.

No que tange a estratégia experimental não recomendamos a metodologia de experimentos de Taguchi já muito criticado por professores de estatísticas e mesmo profissionais da área de Experimentação.

As técnicas de delineamento vieram a permitir o entendimento das relações entre as diversas variáveis em primeiro lugar, neste aspecto também é importante que para a análise estatística uma consideração dos fatores aleatórios e os fatores não considerados no delineamento experimento. A variação inerente se não considerada pode “mascarar” os resultados das relações de causa e efeito.

Um outro aspecto do Dox, é normalmente o número de variações independentes em estudo supera em muito as três ou quatro que fazem com que um experimento fatorial completo seja factível na prática.

É comum iniciarmos com um universo de 8 ou mais variáveis independentes. Neste caso temos dois caminhos a seguir. O primeiro é o de fazer um experimento fracionário, que não capta todas as interações entre as variáveis mas permite a avaliação dos componentes principais. O segundo caminho é o de fazer um experimento de peneiramento (screening) do tipo Placket & Burman onde se podem estudar 11 fatores com apenas 12 experimentos por exemplo.

Temos uma preferência em particular por este método baseado na opinião de vários autores.^{11, 42, 49}

A partir do resultado deste experimento com os fatores mais importantes podemos fazer um novo experimento fatorial completo com três ou quatro variáveis independentes relacionados deste experimento relativo.

Em qualquer caso, outros cuidados não importantes de importância secundária como o da execução de experimentos em blocos ou grupos e cujos mesmos tenham uma combinação aleatória das diversas variáveis o que chamamos de randomização

O diagrama anexo mostra a seqüência de experimentos e análise que comentamos acima. No caso em que o objetivo é a otimização do processo em estudo, podemos avançar mais uma etapa e fazer um modelo de superfície de resposta.

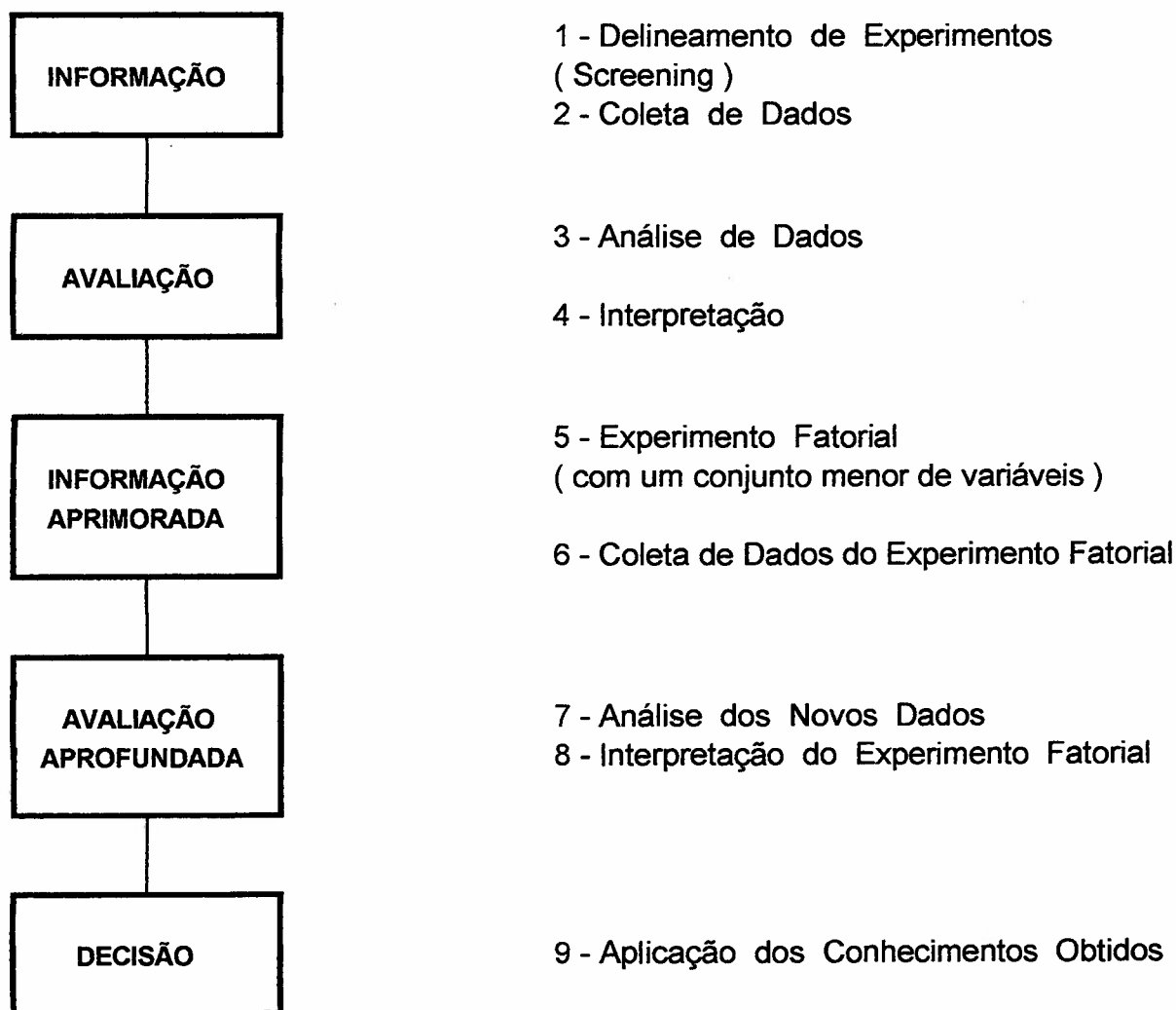
A nossa preferência pelo segundo caminho permite fazer.

Neste modelo passamos a estudar as variáveis em diversos níveis e não apenas em dois ou três níveis como na experimentação fatorial.

Diagrama Para Execução E Avaliação De Experimentos

Processo de Decisão em Experimentos Experimentação em duas Fases -

Processo Decisório :



Nota : O processo de experimentação e análise leva a um assunto do grau de conhecimento a respeito do processo em estudo. Este conhecimento pode não ser usado totalmente neste caso do processo decisório, mas enriquece a base de conhecimento e pode ser utilizada futuramente.

O número maior de níveis das variáveis vai gerar um modelo mais complexo de causa e efeito do tipo $Y = \text{Função} (X_i)$ onde o vetor Y (dos Efeitos) é uma função dos vetores das variáveis independentes X .

Este modelo é chamado de superfície de resposta e na maioria dos casos é representado por um modelo não linear (poucos passam do segundo grau). Com o modelo desta forma pode se fazer até uma programação não linear para se achar a combinação das variáveis x que atingem o valor do vetor Y . O modelo de superfície de resposta tem sido bastante utilizado nas indústrias de processo. Na empresa E.I. Dupont ele é chamado de multivariable Process Analysis (MPA) ou Multivariable Process Control (MPC).⁵¹

Estes modelos permitem as grandes plantas petroquímicas a operarem dentro de condições ótima que minimiza o custo total de fabricação do produto químico ou petroquímico em estudo.

Foi mencionado nos capítulos anteriores quando comentamos sobre "Business Intelligence": é importante que a informação e conhecimento gerado, represente algum valor para a empresa. Para que isto seja eficaz é importante que a dentro das organizações se desenvolva o processo de aprendizagem contínua ou (Learning Organization)²⁶ de modo que os conhecimentos dentro da organização sejam aprimorados e divulgados.

Recomendação Estratégicas

Como já mencionamos diversas vezes nesta tese, o drama da administração esta em trabalhar dentro da avalanche de dados , e informações, a disposição. Apesar disto na maioria das vezes não temos a informação que queremos.

O objetivo é o de transformar uma enorme quantidade de dados em informações úteis e que tenham valor para o caso ou ajudem no processo decisório..

Estratégia de Divergência < > Convergência

A estratégia e no primeiro instante compilar a maior quantidade de informação possível. Este processo chamamos de "divergência". A grande quantidade de informação é ordenada, catalogada, avaliada e analisada dentro do espírito do Brainstorming.

A análise estatística vai nos permitir a separação ou identificação das variáveis que nos interessam. A esta etapa chamamos de "convergência". Na convergência vamos tentar nos concentrar nas informações que são mais importantes ou relevantes.

Este é o momento de separar as informações valiosas das irrelevantes, é como separar o ouro do cascalho.

O processo de análise e “descoberta” onde descobrimos fatos e relações entre os dados que não tinham sido percebidas anteriormente. Este é o momento do “Ahá” onde há uma descoberta a respeito do que foi pesquisado com tanto custo.

Como já disse o professor Kaoru Ishikawa na palestra em São Paulo em Setembro de 1986.

“O maior desafio da administração da qualidade é separar as poucas informações vitais das muitas informações triviais”.

Em outro contexto este parece ser até um problema divino quando é mencionado na Bíblia a separação do joio do trigo.

Todas as técnicas descritas neste trabalho são ferramentas úteis para esta finalidade.

Como qualquer ferramenta, é preciso conhecimento e critério para utilizar e obter o melhor resultado possível.

Quando pelo uso destas ferramentas conseguimos separar as poucas informações vitais das muitas triviais, poderemos afirmar que finalmente aprendemos e começamos a dominar esta tecnologia.

É evidente que as informações também têm que agregar algum valor aos negócios. A tabela vem servir como um guia qualquer pode ser bastante útil para esta finalidade.

- * Atender as Necessidades do Cliente
- * Adernação ao uso
- * Integração do Processo
- * Variança Minimizada
- * Eliminação de Refugo
- * Melhoria Continua

Qualidade

- * Apoio ao Cliente
- * Serviços ao Produto
- * Apoio ao Produto
- * Flexibilidade para Atender as Exigencias do Cliente
- * Flexibilidade para Atender as Mudanças do Mercado

Serviço

$$\text{VALOR} = \frac{\text{Qualidade} \times \text{Serviço}}{\text{Custo} \times \text{Tempo do Ciclo de Negócios}}$$

Custo

- * Projeto e Engenharia
- * Conversão
- * Qualidade Assegurada
- * Distribuição
- * Administração
- * Inventário
- * Materiais

Tempo do Ciclo de Negócios

- * Tempo para Atingir o Mercado
- Conceito a Entrega
- Pedido a Entrega
- * Resposta as Forças de Mercado
- * Prazo de Operação
- Projeto Conversão
- Engenharia Entrega
- * Materiais
- * Inventário

Exemplos Práticos de Análise e Experimentação

_ Caso : Supermercado

_ Caso : Dupont – Lycra

EXEMPLO DE ANÁLISE DE DADOS E POSTERIOR EXPERIMENTO

A) CASO: DUPONT DO BRASIL

EMPRESA: DUPONT DO BRASIL

FÁBRICA DE LYCRA: PAULINIA – SP

Na década de 80 a DuPont implementou um programa de qualidade denominado PQM ou Product Quality Management. Entre os diversos aspectos do programa o que não foi de maior utilidade era o que a solução passava por uma análise de variância ANOVA.

Este programa permite que a partir de uma coleta de dados bem definida, fosse possível separar os diversos componentes de variação total de uma característica importante de desempenho de um certo produto (TABELA VII-1).

Com uma técnica de amostragem específica e a posterior análise de variância feita no programa MINITAB pudemos concluir que:

- a) O erro de medição era um item importante porque ele representava quase 30% da variação total.
- b) Dentro da variação total do produto (70% do total) – mais da metade da variância real do produto (45% do total) era devido a variação de curto prazo (produtos feitos no mesmo dia) foi identificado que os produtos eram feitos em diversas máquinas distintas chamadas de células de fiação.
- c) Quando o fizemos a ANOVA levando em conta a célula de fiação como uma das subdivisões da variância chegamos a conclusão de que a variação de célula para célula era a correspondente a mais do que 1/3 da variação total observada (o maior componente individual de variância total).

CONCLUSÃO DA ANÁLISE DE DADOS

- 1 – Melhorar os controles de processos de célula para célula e identificar células que produzem fibras com características muito distintas demais (comparação de médias).
- 2 – Desenvolver um programa específico de controle do processo de medição para poder reduzir o erro da medição. (comparação entre laboratórios)

A variabilidade (erro) no processo de medição era alto o suficiente que fazia com que ocorresse os seguintes fatos na liberação do produto para o mercado.

- a) Produtos dentro dos limites (bons) eram medidos com erro no processo
- b) de medição e eram refugados pela fábrica.
- c) Produtos fora dos limites (ruins) eram considerados aceitáveis por desvios no processo de medição, e enviados ao mercado como aceitáveis.

O processo de amostragem e liberação de lotes para o mercado foi modificado de modo a minimizar as possibilidades de ocorrência de “a” ou “b”.

A melhoria da qualidade foi percebida pelos fornecedores o que gerou uma economia de porte para empresa.

Comentários:

O benefício de uso de uma ferramenta fez diferença no resultado econômico e na percepção dos clientes a respeito do padrão de qualidade do produto.

Delineamento de Experimentos – 2^A. Etapa

A partir da conclusão de que a variação de curto prazo era a maior fonte de variabilidade propusemos fazer um delineamento experimental Placket e Burman com uma combinação de 11 variáveis em 12 experimentos.

A partir deste experimento de posterior análise estatística foi possível verificar as causas da variação das propriedades físicas do fio Lycra.

Como resultado deste experimento, quatro foram os fatores mais relevantes:

- a temperatura da célula de fiação
- a vazão de gás dentro da célula
- a posição física da célula no conjunto (meio e bordas)
- a alimentação do polímero nas células

Um melhor controle destas quatro variáveis independentes permitiu que a variação real do produto de curto prazo fosse reduzida pela metade.

Nota:

Os valores resultantes do experimento e análise não puderam ser incluídos nesta tese por motivos de confidencialidade na fabricação de Lycra. Por contrato as informações são de uso exclusivo da E.I. DuPont de Nemours e suas subsidiárias.

B - CASO DO SUPERMERCADO

Muitas ações de curto prazo em supermercados estão baseadas em estratégias como:

- redução de preços
- propaganda na mídia

- promoções dentro da loja e exposições de produtos

O objetivo destas ações é de aumentar as vendas a curto prazo de certos produtos.

Para validar e aprimorar essas estratégias foi feito um experimento fatorial de dois fatores (preço e exposição) em três níveis a saber:

Preço: normal – reduzido – ao custo do supermercado

Exposição: normal – ponta de gôndola - dobro do normal

Após o experimento obtivemos os seguintes resultados:

Nota: Cada combinação foi aplicada três vezes os valores indicados são referentes as vendas unitárias por um período de uma semana (variável dependente).

Os resultados a partir da análise da variância deste experimento foram os seguintes:

O objetivo de fazer três experimentos em cada condição foi para reduzir o erro experimental e um impacto das variáveis não controláveis.

Neste caso o erro foi muito baixo, já que 99,8% dos resultados foram explicados pelo modelo.

Calculando as médias para cada nível de preços e exposição obtemos os seguintes valores:

Preço Normal : 1144	Exposição Normal : 1265
Preço Reduzido: 1536	Ponta de Gôndola : 1874
Preço de Custo : 1972	Dobro do Normal : 1512

Média Global: 1550

A média do caso base da exposição normal com preço normal resultou em vendas médias de 1015 unidades.

Solução do problema:

O preço de venda causa o maior impacto na quantidade vendida. Para conseguir aumentar as vendas significativamente temos que vender a preço de custo, o que certamente o que não interessa ao supermercado.

No que tange a exposição, observamos que o nível de maior venda é a ponta de gôndola. Uma interação entre exposição e preço foi observada pela análise estatística.

Neste exemplo a combinação de preço reduzido e ponta da gôndola resultou em vendas médias de quase 1900 unidades, aproximadamente 90% superior as vendas do caso base. Esta parece ser a combinação ideal para solução deste problema.

Aí então para tomarmos uma decisão mais correta teríamos que fazer considerações sobre margem e giro para maximizar o retorno econômico.

As outras opções de produto para serem colocados nas pontas de gôndolas deveriam ser estudadas, pois poderiam propiciar um lucro maior.

O que podemos aprender com este modelo é que:

- 1) existe uma relação forte entre o volume de vendas explicado pelo preço e exposição
- 2) o preço é mais importante do que a exposição como causador do aumento / redução das vendas
- 3) a exposição tem um impacto importante no volume de vendas (55% do proporcionado pelo preço)
- 4) existe uma interação entre o preço e tipo de exposição não desprezível estatisticamente

CAPITULO X

Conclusões

Este trabalho nos permite concluir que poderemos utilizar um grande número de ferramentas tecnológicas para apoio a diversas disciplinas da administração de negócios.

Podemos constatar que apesar de dispormos de técnicas cada vez mais sofisticadas de análise, grande porcentagem de administradores não dominam a maioria destes métodos.

Não faz parte do elenco de habilidades do administrador o pensamento estatístico bem como a proficiência no uso de metodologia estatística. Isto já deveria estar disseminado na organização e não como um privilégio de poucos especialistas na área ou consultores externos em alguma tecnologia específica.

Apesar de abordar um número de tecnologias distintas nesta tese, chega-se a conclusão que não há regras pré-estabelecidas para uso de um ou outro método de base estatística.

Mesmo nos exemplos mencionados há uso de mais de uma técnica de acordo com as necessidades de conhecimento e informação.

O primeiro passo é definir o problema a ser resolvido, bem como saber quais as respostas que estamos esperando.

Precisamos também perguntar se temos todas as informações necessárias, quais os dados que não temos e como vamos obtê-los. Logicamente se os dados forem importantes, verificar se é viável obtê-los ou se o tempo para obtenção é compatível com o prazo que temos para tomar decisão ou solucionar o problema.

Apesar da exatidão da matemática estamos falando de processos não estruturados, portanto que não podem ser considerados como receitas de bolo.

Se o administrador sabe pouco a respeito da metodologia de base estatística ele conhece menos ainda a respeito do pensamento estatístico.

O pensamento estatístico consiste numa combinação de conhecimentos da teoria, da prática de análise de dados, sensibilidade à análise gráfica de uma boa dose de bom senso ou "insight".

O que parece ser uma mistura de técnica e arte, realmente a é.

Seqüência de eventos

A partir da definição clara do problema a ser resolvido passamos a observar os dados que possuímos.

Destes dados podemos fazer gráficos seqüenciais, análises comparativas, análise de variância e regressões e correlações.

Temos que saber também quais as informações necessárias mas que não possuímos.

Este processo pode passar por pesquisa, buscas na Internet, banco de dados, ou obtenção de informação do mercado, etc.

Se as informações que não possuímos estiverem relacionadas com as relações de causa e efeito que não sabemos, poderemos considerar a aplicação de um delineamento de experimentos.

Se o problema for de alta variabilidade podemos fazer tanto uma carta de controle, análise de variância ou até um experimento.

Se o problema envolve decisões importantes poderemos utilizar o modelo Pr.O.A.C.T. já mencionado.

As soluções dos problemas e as conclusões e decisões devem ser registradas e difundidas para enriquecer a base de conhecimentos que possuímos sobre o assunto em estudo.

A análise de informações nos amplia o conhecimento.

A análise de dados nos gera informações e a análise de informações nos gera conhecimento.

Sabemos que um grande número de dados históricos coletados podem ser de pouca utilidade na prática por não serem independentes e que vem prejudicar a análise estatística.

Os programas de qualidade como por exemplo o Seis Sigma, mais recentemente, trazem uma seqüência de trabalho de uso destas técnicas e o que vem a facilitar a sua implementação.

O que observamos na prática é que o uso das filosofias e técnicas apresentadas e discutidas nesta tese tem sido pouco utilizados no dia a dia da empresa.

Uma das proposta possíveis é de estruturar um curso de pós-graduação tendo o curso obrigatório de estatística como pré –requisito. Um nome sugerido para este curso seria “Análise de Dados e Experimentos”. O curso se baseia em cima de casos e exemplos reais com a utilização destas ferramentas.

O curso pode ser montado de forma que cada aluno tenha acesso ao software estatístico do tipo JMP-IN, SAS, MINITAB ou SPSS.

Um dos livros interessantes como texto, é o publicado pela Druxbury Press de Sall e Lehnem: JMP Start Statistics – A Guide to Statistics and Data Analysis using JMP and JMP-IN Software.

O software JMP-IN, que é uma versão mais restrita do JMP acompanha o livro texto.

Finalmente acredito que esta tese venha a trazer novos conhecimentos á administração dos negócios. As técnicas abordadas já são conhecidas dos meios científicos, mas a sua aplicação e os conceitos mais abrangentes para uso na administração são relativamente novos ou ainda não encontraram um respaldo na prática do administrador de negócios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BASTOS, Milton Briguet **Gestão da Qualidade Total**. Curso apresentado na Divisão de Formação de Quadros Superiores – INA – Instituto Nacional de Administração – Palácio do Marquês de Pombal – Oeiras – Portugal, 4 a 12 de Abril de 1994.

- [2] BASTOS, Milton Briguet **Business Inteligente**. Seminário apresentado no Executive Development Program da Business School São Paulo, São Paulo: - 15 a 17 de Março de 1999.

- [3] BASTOS, Milton Briguet **Aplicação nas Industrias de Processos de Técnicas Modernas de Controle de Qualidade**. Dissertação de Mestrado Apresentada ao Curso de Pós Graduação FGV/EAESP. Área de Concentração: Produção e Sistema de Informação. Orientador: Professor Claude Machline São Paulo - 1993.

- [4] BERNSTEIN, Peter R. **Against the Gods: The Remarkable Story of Risk** New York: John Wiley & Sons, 1996.

- [5] BERK, Kenneth N.; Carry Patrick **Data Analysis With Microsoft Excel 5.0 for Windows**. Cambridge, MA: Course Technology, 1995 .

- [6] BLUESTONE, M. **The Push for Quality**. Special Report. Business Week, 8 de Junho, 1987 , 131-35.

- [7] BRITZ, Galen; Emerling D.; Hare, L.; Hoerl, R.; Shade, J.; **How to Teach Other to Apply Statistical Thinking.** Quality Progress – June 1997 67- 79 .
- [8] BARKER, Thomas B. **Quality Engineering Design: Taguchi's Philosophy.** Quality Progress, December 1986, 32-42.
- [9] BOX, G.E.P.; Draper, N.R. **Evolutionary Operation; A Statistical Method for Process Improvement.** New York; Wiley, 1969.
- [10] BOX, G.E.P.; Hunter, W.G.; Hunter, J.S. **Statistical for Experimenters: An Introduction to Design. Data Analysis and Model Building.** New York: John Wiley & Sons Inc., 1978.
- [11] BOX, George E.P., **Discussion.** Journal of Quality Technology Vol. 17 N.º 4 Oct. 1985.
- [12] COLLINS, James .; Porras, Jerry **Built to Last: Successful Habits of Visionary Companies.** New York: Harper Collins, 1994.
- [13] CHAMBERS, J.M. et al **Graphical Method for Data Analysis.** Belmont, CA,: Wadsworth, 1983.
- [14] CLEMEN, Robert T. **Making Hard Decision.** 2nd Ed. New York: Duxbury Press, 1996.
- [15] CROSBY, Philip B. **Quality is Free.** New York, Mentor/New American Library, 1979.

- [16] CROSBY, Philip B. **Quality is Free**. New York: Alfred A.Knopf, 1987.
- [17] DEMING, W. Edwards **Quality Productivity and Competitive Position**
Cambridge, MA.: M.I.T., Center for Advanced Engineering Study, 1982
- [18] DRUCKER, Peter F. **Innovation and Entrepreneurship**. Tradução em português: Inovação e Gestão, São Paulo: Pioneira, 1989.
- [19] DRUCKER, Peter F. **Uma Nova Teoria de Produção**. Revista Exame, 27 de Junho de 1990, 64-72.
- [20] DAVENPORT, Thomas H.; Prussak, L. **Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know**. Boston Massachusetts: Harvard Business School Press, 1998.
- [21] ECKES, George **The Six Sigma Revolution: How General Eletric and Others Turned Process Into Profits**. New York: John Wiley & Sons, 2001.
- [22] EHBAR, AL **Maisc – Economic Value Added – The Real Key To Creating Wealth**. New York: John Wiley & Sons Inc.,1998.
- [23] FARROW, J.H. **Quality Audits: An Invitation to Management**. Qualit Progress, 1987 , 20: 11-13.
- [24] FEIGENBAUM, Armand V. **Total Quality Control**. New York: McGraw-Hill, 1983 .
- [25] GARVIN, D.A . **Managing Quality. The Strategic and Competitive Edge**. New York: The Free Press, 1988.

- [26] GARVIN,D. A . **Buiding a Learning Organization**. Harvard Business Review, July/August 1993.
- [27] HARE, Lyme; Hoerl, J.D.; Hromi and Snee R.D. **The Role of Statistical Teaching in Management**. Quality Progress, 1995 . págs.53-60
- [28] HAMEL, Gary , Prahalad, C.K. **Competing for The Future: Breakthrough Strategies for Seizing Control of Your Industry and Creating Markets for Tomorrow** – Boston: Harvard Business School Press, 1994.
- [29] HAMMER, Michael; Champy J.; **Reengineering The Corporation, A Manifesto for Business Revolution**. New York: Harper Collins, 1993.
- [30] HARRINGTON, H.J. **The Improvement Process**. New York: McGraw-Hill, 1987.
- [31] HARRINGTON, H.J. **Total Improvement**. New York: McGraw-Hill, 1995.
- [32] HAMMOND, John S.; Keeney R., Raiffa H. **Smart Choices: A Pratical Guide to Making Better Business Decision**. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press, 1999.
- [33] HARRY, Mikel; Schroeder R. **Six Sigma The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing The World's Top Corporations**. New York: Doubleday, 2000.
- [34] HASKIN, M.; KHAN.M **Quality Standards - past, present, and future**. Quality Progress, 1990, 23 [6]: 56-59.

- [35] ISHIKAWA, Kaoru **Guide to Quality Control**. Tokio:Asian Productivity Organization, 1976.

- [36] ISHIKAWA, Kaoru **Total Quality Control:Estratégia de Administração da Qualidade**. Tradução: Mário Nishimura. São Paulo: IMC Internacional Sistema Educativos, 1986.

- [37] JOHANSSON, Henry J. et. Al. **Business Process Reengineering: Breakpoint Strategies for Market Dominance**. Chichester, England: John Wiley & Sons, 1993.

- [38] JOHNSON, Richard A ., Wichern, D.W. **Multivariate Analysis**. 4th Ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998.

- [39] JURAN, Joseph M. **Quality Control Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1983.

- [40] JURAN, Joseph M. **Juran Planejando para a Qualidade**. Tradução de João Mário Csillag, Claudio Csillag, São Paulo: Pioneira, 1990.

- [41] KACKAR, Raghu N. **Off-Line Quality Control, Parameter Design, and the Taguchi Method**. Journal of Quality Technology, Oct. 1985, Vol. 17 , n.º 4. 176-188.

- [42] KACKAR, Raghu N. **Taguchi's Quality Philosophy: Analysis and Comentary**. Quality Progress – December 1986.

- [43] KAPLAN, Robert S.; Norton, D.P. **The Balanced Scorecard: Translation Strategy into Action**. Boston Massachusetts: Harvard Business School Press, 1996.

- [44] KANTER, Rosabeth M. **Quality Leadership and Change.** Quality Progress, 1987, 20 [2]: 45-51.
- [45] KENWORTHY, Harry W. **Total Quality Concept: a proven path to Success.** Quality Progress, 1986, 19 [7]: 21-4.
- [46] LAY, H.G. **The Quality Audit: Who does What?** Quality Progress, 1987, 20 [6]: 20-2.
- [47] LEONARD, Dorothy **Wellspring of Knowledge: Building and Sustaining the Sources of Innovation.** Boston Massachusetts: Harvard Business School Press, 1995.
- [48] LEACH, Lawrence P. **T.Q.M, Reengineering and The Edge of Chaos.** Quality Progress – February 1996.
- [49] LUCAS, James M. **Discussion.** Journal of Quality Technology, October 1985, Vol 17, n.º 4.
- [50] MARR, Jeffrey, M. **Letting the Customer Be the Judge of Quality.** Quality Progress, 1986, 19 [10]: 46-49.
- [51] MARQUARDT, D.W. **Product Quality Management** Wilmington De: E.I. Dupont de Nemours & Co, 1988.
- [52] MILLENSON, Michael L. **A prescription for Change.** Quality Progress, 1987, 20 [5]: 16-20.

- [53] MORITA, Akio **Made In Japan**. New York: E.P. Dutton, 1986.
- [54] MORETTIN, Pedro A; Peres, Clovis A . ; Narula, Sulish C. and Menty, Raul P. **Statistics in Latin America**. The American Statistion, Nov. 1985, Vol. 39 n.º 4.
- [55] MANLY, Bryan F.J. **Multivariate Statistical Methods: a Primer** London: 1986, Chapman and Hall Ltd.
- [56] PETER, Thomas. **Thriving on Chaos**. New York: Alfred A . Knopf, 1987.
- [57] PEREZ-WILSON, Mario **Seis Sigma: Compreendendo o Conceito, as Inovações e os Desafios**. Rio de Janeiro: - Qualimark Ed, 1999.
- [58] PLACKET, R.N.; BURMAN, J.P. **The Design of Optimum Multi-Factorial Experiments**. Biometrika 33, 1946, págs. 305-325.
- [59] PORT, O. **How to Make it Right The First Time**. Business Week, 8 de Junho de 1987, 142.
- [60] RESLEY, Frank K.; Norton, Edgar A . **Investments – 5th Edition**, Orlando, Florida: The Dryden Press, 1999.
- [61] ROBERT, Michel et al. **A Worker's Mind is a Terrible Thing to Waste** Quality Progress, 1990, 23 [7]: 59-61.
- [62] SALL, John; Lehman, A . **JMP Start Statistics – A Guide to Statistics and Data Analysis Using JMP and JMP-IN Software**. Belmont, CA.: Druxbury Press, 1996.

- [63] SARAZAW, J.S. **The Tool of Quality. Part II: Cause and Effect Diagrams.** Quality Progress, 1990, 23 [7]: 59-62.
- [64] SHEWHART, W.A. **Economic Control of the Quality of Manufactured Product.** New York: D. Van Nostrand Co., 1931.
- [65] SNEE, R.D. et. Al. **Experiments in Industry: Design Analysis and Interpretation of Results.** ASQC Press, Milwaukee Wisconsin, 1985.
- [66] SNEE, R.D. **Creating Robust Product Work Process.** Quality Progress – February 1993, 37-41.
- [67] SNEE, R.D. **What is Missing in Statistical Education?** American Statistician n.º47, 1993 149-154.
- [68] SARGENT, T.R. **The Quality Leadership Scate: a tool for change.** Quality Progress, 1986, 19 [7]: 26-32.
- [69] TAYLOR, C.I. **Quality is a Measure of Value.** Quality Progress, 1986 19 [8]: 13-15.
- [70] TAGUCHI, G. **Off-Line Quality Control Systems.** Tokio Japan: Proceedings of International Conference on Quality Control, 1978.
- [71] TAGUCHI, G.; WU, Y. **Introduction to Off-Line Quality Control.** Nagoya, Japan: Central Japan Quality Association, 1980.
- [72] TAGUCHI, G. **Introduction to Quality Engineering.** Tokio, Japan: Asian Productivity Organization, 1986.

- [73] TOWNSEND, P.L. **Commit to Quality**. New York: John Wiley & Sons. 1990.
- [74] TUFTE, Edward R. **The Visual Display of Quantitative Information**. Connecticut: Graphics Press, Cheshire, 1983.
- [75] ZIKMUND, William G. **Exploring Marketing Research**, 6th Edition
Orlando, Florida: The Dryden Press, 1997.
- [76] WALTON, M. **O Método Deming de Administração**. Rio De Janeiro: Marques Saraiva, 1989.
- [77] WAREHEN, R. **Through Four Decades. A review of the society's history by four past presidents**. Quality Progress, 1986, 19 [8]: 47-51.
- [78] WATERMAN Jr, Robert H. **O Fator Renovação: Como os Melhores Conquistam e Mantém a Vantagem Competitiva**. Tradução: Nivaldo Montingelli Jr. São Paulo: Ed.Harbra, 1989, n.º 31.
- [79] WATSON, GREGORY H. **Strategic Benchmarking: How to Rate Your Company's Performance Against the World's Best**. New York: John Wiley & Sons Inc., 1993.