

O IMPACTO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA NOS CUSTOS DA QUALIDADE

Carlos Eduardo Sanches Da Silva

Elizabete Ribeiro Sanches Da Silva

Carlos Augusto Saadi Alem

Resumo:

Este artigo avalia a relação entre a implementação de projetos Seis Sigma e seus impactos nos custos da qualidade. Inicialmente apresentam-se as fundamentações teóricas do Seis Sigma e dos custos da qualidade, com ênfase na mensuração de desempenho e, posteriormente, o artigo descreve um estudo de caso. Como conclusões temos que: os custos das falhas internas e externas reduzem com o crescimento do nível sigma; os custos de avaliação e prevenção apresentam comportamentos decrescentes, até a ordem de quatro sigma, e crescentes, para níveis sigma superiores; até a ordem de quatro sigmas os custos da qualidade apresentaram redução significativa em todos as suas partes, porém para valores superiores a cinco sigma, apenas os custos de falha apresentaram redução, os custos de prevenção e avaliação apresentam um pequeno crescimento. Os resultados do caso sugerem que projetos seis sigma implicam no aumento dos custos de prevenção. A existência dos custos da qualidade auxiliou na priorização dos projetos e nas etapas de melhoria e controle.

Palavras-chave:

Área temática: Custos da Qualidade

O IMPACTO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA NOS CUSTOS DA QUALIDADE

Resumo:

Carlos Eduardo Sanches da Silva
Universidade Federal de Itajubá
sanches@unifei.edu.br

Elizabete Ribeiro Sanches da Silva
Faculdade de Ciências Sociais do Sul de Minas

Carlos Augusto Saadi Alem
Universidade Federal de Itajubá

Este artigo avalia a relação entre a implementação de projetos Seis Sigma e seus impactos nos custos da qualidade. Inicialmente apresentam-se as fundamentações teóricas do Seis Sigma e dos custos da qualidade, com ênfase na mensuração de desempenho e, posteriormente, o artigo descreve um estudo de caso. Como conclusões temos que: os custos das falhas internas e externas reduzem com o crescimento do nível sigma; os custos de avaliação e prevenção apresentam comportamentos decrescentes, até a ordem de quatro sigma, e crescentes, para níveis sigma superiores; até a ordem de quatro sigmas os custos da qualidade apresentaram redução significativa em todas as suas partes, porém para valores superiores a cinco sigma, apenas os custos de falha apresentaram redução, os custos de prevenção e avaliação apresentam um pequeno crescimento. Os resultados do caso sugerem que projetos seis sigma implicam no aumento dos custos de prevenção. A existência dos custos da qualidade auxiliou na priorização dos projetos e nas etapas de melhoria e controle.

Área temática: Custos da qualidade

O IMPACTO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA NOS CUSTOS DA QUALIDADE

1. Introdução

Kasahara e Carvalho (2003), “a utilização de modelos de gerenciamento da qualidade nas empresas é cada vez mais freqüente, demonstrando a preocupação e o interesse crescente das mesmas em aperfeiçoar seus processos de produtos e serviços”.

Alguns modelos de gerenciamento, como por exemplo o TQM (Total Quality Management), foram desenvolvidos há vários anos, enquanto outros, tem seu desenvolvimento sido realizado em épocas mais recentes, como é o caso do Seis Sigma.

O ambiente competitivo das organizações necessita de resultados financeiros das melhorias advindas de ações de aperfeiçoamento. É necessário utilizar abordagens que possam direcionar os esforços de todos os indivíduos para um objetivo comum, que é o da sobrevivência das organizações através da satisfação das necessidades dos clientes. Atualmente o Seis Sigma se destaca como metodologia para a gestão da qualidade, tendo como resultados: direcionar os esforços organizacionais para a obtenção da melhoria da qualidade; reduzir custos; e diminuir o tempo do ciclo de produção (Marash, 2000).

A popularidade do Seis Sigma tem atualmente aumentado devido aos relatos de sucesso de muitas organizações (Sanders e Hild, 2000). Por exemplo, a General Electric, obteve resultados de US\$2 bilhões em 1999, a Motorola, obteve em 1988 o Prêmio Malcom Baldrige e resultados entre 1985 e 1988 de US\$2,2 bilhões (Coronado e Antony, 2002). Dentre estas empresas, a GE se destacou pela divulgação e abrangência na aplicação da metodologia, investindo no treinamento de todas as suas divisões, trazendo mudanças estruturais significativas na empresa - processo este alavancado por Jack Welch.

Em 1997, a GE chegou a 6.000 projetos Seis Sigma, em comparação com 3.000 do ano anterior e atingiu US\$ 320 milhões em ganhos de produtividade e lucros, mais do que o dobro da meta original de US\$ 150 milhões. Os benefícios apareciam nos resultados financeiros. Em 1998 o Seis Sigma gerou economias de US\$ 750 milhões, já descontados os investimentos no mesmo período, número que alcançaria US\$ 1,5 bilhão no ano seguinte. A margem operacional da GE aumentou de 14,8% em 1996, para 18,9 % em 2000.

A base do Seis Sigma é a redução da variação inerente aos processos. Em termos idealistas, as iniciativas de Seis Sigma são focadas em investigar as causas de variabilidade e desenvolver processos e produtos com menos variação na performance da saída (Hild, 2000).

Todo resultado de um processo, produto ou serviço, varia em torno de um valor médio (admitindo-se uma distribuição Normal ou Gaussiana). A essa variação dá-se o nome de “Dispersão do Processo” (figura1). O valor dessa variação pode ser quantificado através do Desvio Padrão ou Sigma (σ), tem-se a origem do termo Seis Sigma.

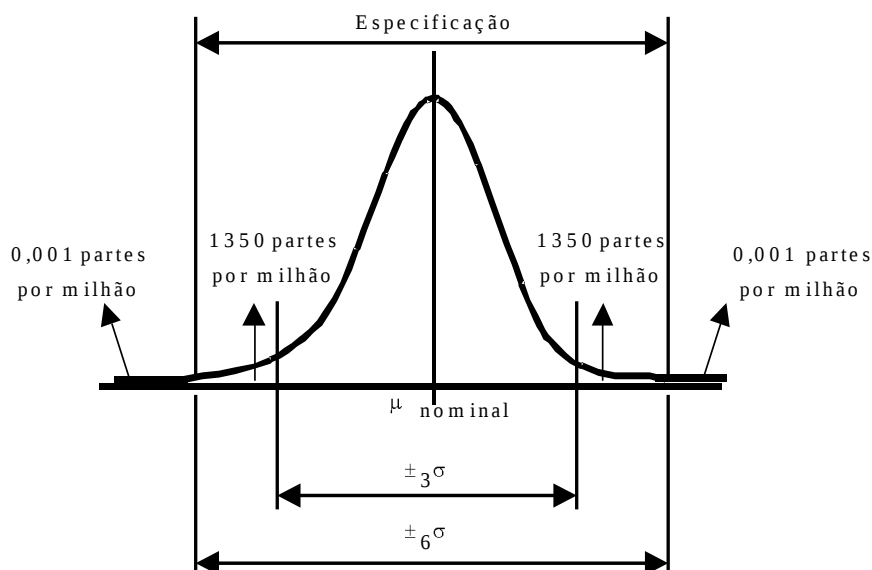


Figura 1: Distribuição com a média centrada na especificação nominal.
Fonte: Mitchell (1992)

Segundo Mitchell (1992), quando se fala que um processo tem o nível de qualidade três sigma, quer se dizer que o valor do sigma deve ser tal que 6 deles (3 sigmas acima da média e 3 abaixo) se ajustariam dentro dos limites de especificação. Conseqüentemente, um processo Seis Sigma deve ser tal, que a variabilidade do produto final (σ) seja tão pequena, que permita que os limites de especificação englobem 12σ ($\pm 6\sigma$).

Conforme a tabela 1, retirada de Kumpera, um nível 3σ engloba 99,73% da totalidade da distribuição, para uma distribuição normal centrada. Esta tabela mostra, para diversos níveis de qualidade, o percentual de produto que estaria dentro dos limites de especificação (%) e também, a proporção fora destes limites (em PPM – Partes por Milhão).

Limite de especificação	Percentual de peças dentro dos limites	Defeitos PPM (Proporção de peças fora dos limites)
± 1 sigma	68,27 %	317300
± 2 sigma	95,45 %	45500
± 3 sigma	99,73 %	2700
± 4 sigma	99,9937 %	63
± 5 sigma	99,999943 %	0,57
± 6 sigma	99,999998 %	0,002

Tabela 1 – Dados retirados do gráfico de distribuição normal centralizada
Fonte: Kumpera (1999)

Desta maneira, em um processo de nível de qualidade três sigma, onde a média estivesse centrada, o mesmo teria como resultando uma produção de 0,27% de peças não conformes, ou seja, 2.700 ppm (partes por milhão).

Assim o nível sigma é uma medida de desempenho que possibilita comparações de divisão com divisão, departamento com departamento, processo com processo, etc.

Pyzdek (2003) cita que empresas cujo nível de qualidade está em torno de 3 a 4 sigma, possuem um custo da má qualidade girando entre 25% e 40% das suas receitas. Esse custo da má qualidade está relacionado ao que é gasto na solução

dos problemas, retrabalhos, ressarcimento dos clientes, etc. Enquanto isso, empresas de nível de qualidade 6 sigma, gastam menos de 5% de suas receitas (gráfico 1). Segundo ele, “A General Electric estima que a diferença entre 3 sigma a 4 sigma, para o nível 6 sigma lhe custava entre US\$ 8 bilhões e US\$ 12 bilhões por ano”

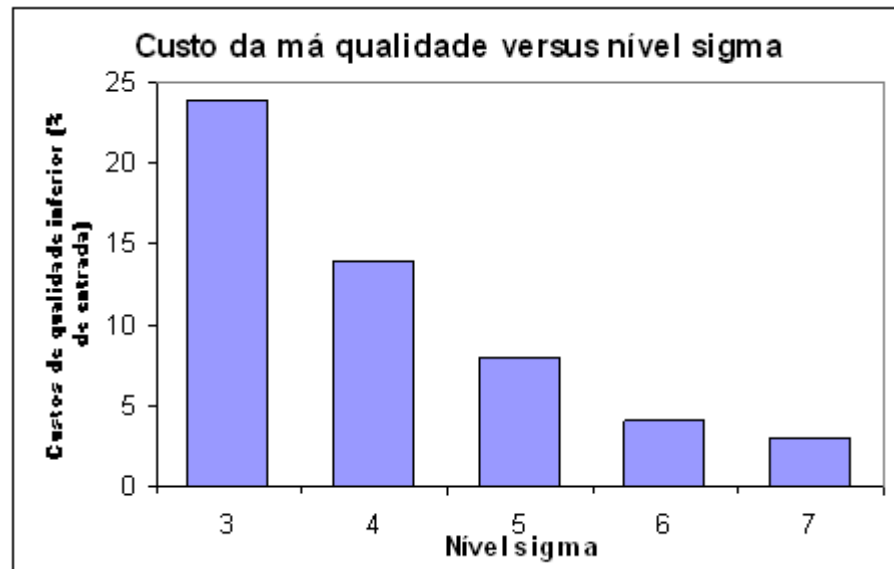


Gráfico 1: Custo da má qualidade versus nível sigma.
Fonte: Pyzdek (2003)

O gráfico descrito por Pyzdek (2003) apresenta alguns questionamentos em relação aos custos da qualidade, como por exemplo:

- são considerados apenas os custos das falhas (internas e externas) e os de correção?
- investimentos em projetos Seis Sigma estão sendo considerados como custos de prevenção?
- os valores apresentados possuem o comportamento descrito no gráfico 1?
- a implementação de projetos Seis Sigma produz variações em quais parcelas dos custos da qualidade?

Os questionamentos descritos serão objeto de estudo da pesquisa descrita neste artigo. Desdobra-se, a seguir, uma fundamentação teórica sobre a metodologia Seis Sigma e os Custos da Qualidade. Posteriormente são descritos três projetos Seis Sigma, abordados como casos, conduzindo as conclusões e recomendações para futuras pesquisas.

2 – A metodologia Seis Sigma

Para Pyzdek (2003) seria um erro achar que Seis Sigma trata qualidade no sentido tradicional. A qualidade, definida em geral como conformidade com os requisitos internos, pouco tem a ver com o Seis Sigma, que, na verdade, se ocupa mesmo é de ajudar a empresa a ganhar mais dinheiro. Para relacionar esse objetivo à qualidade, é necessário redefinir o conceito de qualidade. Para fins de Seis Sigma, define-se qualidade como o valor agregado por esforço produtivo. A qualidade se apresenta de duas formas: “qualidade potencial” e “qualidade efetiva”. Qualidade

potencial é o máximo valor agregado possível de *input*. Qualidade efetiva é o atual valor agregado por unidade de *input*. A diferença entre uma e outra é o desperdício.

Ainda segundo Wilson (2000) “os 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 do processo de produção”. Tais processos não são tão mensuráveis quanto os técnicos. Isso dificulta a sua medição e conseqüentemente o seu controle. Mas isso não impede que a metodologia Seis Sigma otimize tais processos.

Segundo Pyzdek (2003), o tempo para o desenvolvimento completo de um programa Seis Sigma deve durar de um ano e meio a três anos.

Ainda segundo ele, “os pesquisadores verificaram que o desdobramento bem-sucedido do 6-Sigma consiste em focalizar um pequeno número de itens de alta alavancagem”.

Resumidamente, seis etapas são necessários para essa implementação (quadro 1).

Etapas	Descrição
1	A alta administração deve receber treinamento sobre os princípios e ferramentas necessárias. Deverá ser desenvolvida uma infra-estrutura gerencial para apoiar o programa. Paralelamente, deverá ser iniciada a criação de um ambiente propício à inovação e criatividade, com alteração/eliminação de procedimentos, etc.
2	É preciso criar uma comunicação mais próxima junto aos clientes, fornecedores e aos próprios funcionários da empresa. É preciso que se possua uma sistemática para obter informações significativas sobre os mesmos. Alguns obstáculos políticos, culturais etc. podem impedir ou dificultar a implementação do programa. Os mesmos devem ser identificados e eliminados.
3	Refere-se ao treinamento. Todos os funcionários precisam possuir níveis adequados de conhecimento verbal e numérico. Além disso, treinamentos específicos são dados a grupos especiais de funcionários como os Black Belts, Green Belts, etc. Treinamentos sobre ferramentas de melhoria de sistemas, técnicas e até mesmo de filosofia, devem ser ministrados e “de cima para baixo”.
4	Como os processos deverão melhorar continuamente, é preciso que se crie uma infra-estrutura adequada para isso, inclusive com o monitoramento desse progresso. O 6-Sigma deve ser medido em relação às metas estratégicas da empresa e os seus principais processos.
5	A gerência e os especialistas deverão juntos escolher quais os processos empresariais serão melhorados. As limitações da empresa deverão ser consideradas, uma vez que o objetivo é também melhorar os resultados financeiros mensuráveis.
6	Os projetos 6-Sigma são conduzidos individualmente por funcionários da empresa.

Quadro 1 – Etapas para implementação do Seis Sigma.

Fonte: adaptado de Pyzdek (2003).

Blakeslee Jr. (2000) divide o objetivo do Seis Sigma em dois níveis, o estratégico e o operacional, onde no primeiro, o Seis Sigma busca alinhar uma empresa com seu mercado de maneira a obter e distribuir melhorias reais, em termos de lucro. No nível operacional, o objetivo é reduzir a variação do processo, mudando os atributos do produto ou serviço, dentro dos limites especificados pelo cliente

Segundo Wilson (2000), “para alcançar os Seis Sigma com êxito, o programa deve possuir uma metodologia padrão. O que a organização e todos os seus funcionários devem fazer para alcançar os Seis Sigma precisa ser muito bem definido e padronizado por todos na organização. Procura-se padronizar o uso de métodos estatísticos, o que cria uma linguagem comum que permite uma melhor

comunicação e um maior entendimento entre os indivíduos, facilitando também a comparação de resultados”.

A seleção de um projeto Seis Sigma não é uma atividade muito simples. Pelo contrário, Pande, Neuman e Cavanagh (2001) descrevem que em pesquisa informal realizada, constataram que esta seleção é a atividade mais crítica, e geralmente a mais mal planejada que se tem ao se lançar o Seis Sigma. Enfatizam também, que uma boa seleção e definição trazem resultados melhores e rápidos, enquanto o oposto, retarda os resultados e cria frustrações.

Blakeslee (2000) identifica elementos, assegurar o sucesso da implantação do Seis Sigma, que são:

- **Liderança:** as implementações bem sucedidas dos Seis Sigma são conduzidas por líderes que além de acreditar na metodologia, estão totalmente comprometidos com a implantação da mesma. Isso requer uma liderança especial (líderes com a habilidade para tomar decisões difíceis que afetem o sucesso a longo prazo de seus negócios). Exemplos desta personificação pode se ver nos CEOs como Jack Welch, da General Motors, Larry Bossidy da AlliedSignal e Bob Galvin da Motorola, pelas suas lideranças fortes e presentes. Eles reconhecem que essa atividade não pode ser delegada. Deve ser incorporada as atividades de cada líder em todos os níveis de uma empresa.
- **Seis Sigma como estratégia:** é necessário ligar as iniciativas do Seis Sigma com as já existentes, com as estratégias dos negócios, e conseqüentemente, com as medições chaves de desempenho. Assim como acontece com a liderança, esse processo de alinhamento não pode ser delegado. Deve ser conduzida de modo mostrar a todos os funcionários a sua importância para o negócio
- **Priorizar processos e resultados:** é preciso uma abordagem altamente focalizada, por isso, é necessário que se faça inicialmente um rigoroso mapeamento dos processos existentes. Nas iniciativas Seis Sigma, deve haver um acordo sobre a finalidade dos processos e também deve se deixar claro qual é o resultado esperado dos mesmos. É importante também que se conheçam as lacunas entre o que um negócio produz e o que os clientes querem. Analisar e trabalhar essas lacunas é a essência do Seis Sigma.
- **Foco no cliente:** é fundamental o conhecimento e a análise dos níveis existentes de satisfação e lealdade dos clientes. Também é imprescindível que se tenha controles atualizados de como o mercado está se comportando, o que está acontecendo e para onde se está indo.
- **Resultados financeiros:** iniciativas Seis Sigma não focam apenas a melhoria de qualidade. É fundamental que resultados satisfatórios no campo financeiro, produzindo receitas ou gerando economias reais. Os líderes, quando em seus primeiros contactos com o Seis Sigma, citam a necessidade de que esse método deve se auto sustentar, e compensar seus investimentos. Essa preocupação é bastante pertinente pois com o passar dos anos, tem –se visto que algumas iniciativas de melhoria geram altas expectativas e muitas promessas, porém, na maioria das vezes, não geram os resultados esperados. Assim, os programas Seis Sigma deveriam ser projetados para serem compensadores.
- **Comprometimento e treinamento:** o treinamento e a disciplina são de suma importância para o sucesso dos projetos Seis Sigma. As equipes que

conduzem os processos devem ser comprometidas e dedicadas e alguns de seus membros têm que ter dedicação exclusiva.

- **Recompensas:** a política de reconhecimento das empresas influenciam nos resultados de seus processos de melhoria. Assim também funciona com o Seis Sigma, o trabalho árduo e contínuo executado pelas equipes e seus líderes e os bons resultados obtidos devem ser recompensados. “Por ser fundamentalmente diferente de outros programas de qualidade, novos incentivos devem ser planejados para fazer com que as empresas caminhem na direção certa” (Welch apud Mergulhão, 2003).

Conclui-se que o Seis Sigma busca promover uma mudança cultural na organização inteira, fazendo com que todos percebam que podem melhorar a qualidade, através de meios (estrutura e metodologia) desenvolvidos e implementados corporativamente para esta finalidade. Reforça Chowdhury (2001) ao citar que, “...um dos mais importantes elementos dos Seis Sigma é o papel que cada um executa. Este é o lado do Poder das Pessoas da equação... Cada jogador tem que ter seu papel específico e claramente definido com conseqüências por não se sair bem e recompensa por fazer bem o seu trabalho particular. E isso vale para todo mundo.”

A metodologia Seis Sigma criou uma organização própria com papéis chaves para seu desenvolvimento. Tal estrutura (quadro 2) foi criada para fortalecer a disseminação da cultura dentro da organização e buscar o comprometimento em todos os níveis (Chowdhury, 2001). Os projetos são conduzidos pelos líderes (*Black Belts*) em equipes multifuncionais trabalhando sob estrutura matricial.

Papéis	Descrição e função
<i>Champion</i>	Representante da alta administração que deve demonstrar o alto comprometimento da empresa com o processo de implementação. Deve difundir a cultura do Seis Sigma e garantir o comprometimento do pessoal ao andamento dos projetos.
<i>Master Black Belts</i>	Especialistas em estatística providos de alto conhecimento do próprio negócio, que oferecem consultoria interna aos Black Belts e multiplicação dos conceitos dentro da organização. Esta função é usada normalmente em grandes empresas.
<i>Black Belts</i>	É o líder de grandes projetos dentro de uma área da empresa. Função normalmente exercida por funcionários experientes e com visão global da empresa. Normalmente dedica-se 100% do seu tempo ao Seis Sigma. Com isto a empresa dispõe de funcionários altamente treinados e dedicados integralmente para a melhoria contínua dos seus processos.
<i>Green Belt</i>	São os membros das equipes multifuncionais, com dedicação normalmente não integral aos projetos. São funcionários especializados em suas tarefas, com um grau menor de conhecimento.
<i>Yellow ou White Belts</i>	São os demais membros da organização, que recebem o conhecimento básico sobre a metodologia para poder prover informações e contribuir com o sucesso dos projetos.

Quadro 2 – Estrutura do Seis Sigma.

Fonte: adaptado de Chowdhury (2001)

Identifica-se uma estrutura para a condução do Seis Sigma, com responsabilidades estabelecidas formalmente.

Chowdhury (2001) descreve algumas técnicas e métodos incorporados a metodologia Seis Sigma, no momento certo, desempenham um papel importante no sucesso dos projetos. São elas:

- Mapa de processo: representação esquemática do fluxo de processo corrente ou proposto, acompanhada de uma relação detalhada das características do processo e do produto. Proporciona uma visão das fontes de variação, enfatiza o impacto destas fontes e auxilia a análise sistêmica do processo.
- MSA (Measurement Systems Analysis/Análise dos Sistemas de Medição): analisa os sistemas de medição, considerando equipamento, operador e método utilizado, para garantir a qualidade dos dados obtidos e identificar fatores externos que podem estar atrapalhando os resultados obtidos.
- DOE (Design of Experiments): técnicas estatísticas utilizadas para se observar através de testes o que não pode ser diretamente observado.
- QFD (Quality Function Deployment): metodologia que busca uma maior interação com os clientes, por tratar de um processo estruturado e justamente desenvolvido para introduzir este caráter pessoal ao processo de manufatura, traduzindo os desejos do consumidor em projeto do produto e atividades de planejamento e controle do processo.
- FMEA (Failure Mode Effect Analyze): técnica que desempenha o papel de corrigir e evitar falhas no projeto do produto e do processo, através da análise de falhas potenciais e propostas de ações de melhorias.

A metodologia Seis Sigma conduz projetos de melhoria através do modelo DMAIC, que representa os passos que serão seguidos pela equipe durante o processo. DMAIC é a abreviação das seguintes atividades: Definir, Medir, Analisar, Incrementar (ou Melhorar, uma vez que a letra, originalmente em Inglês, representa “Improve”) e Controlar. O quadro 3 descreve as fases do DMAIC.

Fase	Comentários
Definir	Segundo Pyzdek (2003), nessa fase define-se as metas das atividades de melhoria. Nas diferentes áreas da companhia se definiriam objetivos específicos a serem alcançados, como por exemplo, no âmbito operacional poderia se perseguir o aumento de produção em um determinado departamento; nos projetos, a meta poderia ser a redução do número de defeitos e, em um nível mais estratégico, o objetivo poderia estar relacionado à participação de mercado, etc. Já para Chowdhury (2001), nesta fase define-se, de uma maneira numérica e não subjetiva, quais são os problemas.
Medir	Pyzdek (2003), aqui se estabelecem as medições para se monitorar o trabalho. Esse sistema de medição deve ser confiável e validado. É preciso estabelecer o ponto de partida, ou seja, para alcançar os objetivos, é fundamental saber de qual nível estamos partindo. Chowdhury (2001) também descreve essa fase como a de definição das medidas do processo. Medir a capacidade atual do processo, ou seja, quantas oportunidades de defeitos o mesmo apresenta, é também um ponto de partida. Utilizar-se de um Benchmarking no processo dos concorrentes ajuda na definição do quanto se tem que caminhar.
Analisar	Uma vez que já se conhece o desempenho atual do processo e aonde se quer chegar, Pyzdek (2003) menciona então a necessidade de se analisar as formas de eliminar essa lacuna. Ferramentas estatísticas são poderosas aliadas nesse momento. Chowdhury (2001), também menciona que a comparação com o Benchmark obtido inicialmente, ou seja, com o que se julga possível obter do processo, pode também ser bastante útil.

Quadro 3- Etapas do DMAIC (continua).

Fase	Comentários
Incrementar (ou Melhorar)	É o momento de se concretizar as melhorias necessárias, e também de validar a sua eficácia. Como cita Pyzdek (2003) “Seja criativo para achar novas maneiras de se fazer as coisas melhor, de formas mais econômica ou mais rápida...empregue métodos estatísticos para validar a melhoria”. Em uma fase de implementação de ações, é fundamental que se faça um bom planejamento e gerenciamento das atividades. Chowdhury (2001) lembra que nesse momento já se deverá ter conseguido identificar os componentes que não estão conseguindo atingir o que é esperado, e que se focando neles, a implementação das melhorias deverá ser menos onerosa, sem no entanto deixar de gerar uma melhora no processo como um todo. A conclusão dessa etapa não garante o sucesso do projeto. É preciso que se perpetue o que foi conquistado, o que deverá ser feito na próxima fase.
Controlar	É a última etapa do processo. Para Pyzdek (2003), “Controle o novo sistema. Institucionalize o sistema aperfeiçoado modificando os sistemas de remuneração e incentivos, políticas, procedimentos de planejamento das necessidades de material, orçamentos, instruções operacionais e outros sistemas de gerenciamento”. Henderson e Evans (2000) complementam, “Ferramentas são colocadas no local para assegurar que, sob os processos modificados, as variáveis chaves permanecem dentro das faixas máximas aceitáveis com o passar do tempo”. Caso o plano tenha falhado, reinicia-se o processo.

Quadro 3- Etapas do DMAIC.

Bañuelas e Antony (2003) comparam a metodologia Seis Sigma para melhorias contínuas com o DFSS (Design for Six Sigma), destacando, como principal diferença que o DMAIC é considerado reativo, uma vez que soluciona problemas já existentes no processo, enquanto o DFSS é pró-ativo, pois projeta processos capazes de alcançar um nível de qualidade Seis Sigma.

O custo da implantação de uma filosofia Seis Sigma não é o mesmo para todos os tipos de empresa, ele depende de vários fatores, como por exemplo: os indicadores existentes; porte do programa Seis Sigma; complexidade dos processos; e outros. Assim é difícil prever os investimentos, bem como o valor do retorno financeiro deste programa (Kumpera, 1999).

3 – Os Custos da Qualidade

Para Harrington (1997), “medir é entender; entender é ganhar conhecimento; ter conhecimento é ter poder. Desde os primórdios dos tempos, o que distingue os seres humanos dos outros animais é sua capacidade de observar, medir, analisar e usar essas informações para realizar mudança”. A afirmação de Harrington (1997) enfatiza que a melhoria contínua dos processos deve ser baseada em medições. Alguns destes indicadores concentram-se em medições como satisfação dos clientes, custos da qualidade, defeitos de produção, reclamações de clientes. (Harrington, 1997).

A utilização de medidas eficazes para qualidade torna-se necessária para garantir o sucesso de programas de melhoria. Reforça Coral (1996), ao afirmar que os investimentos em qualidade e programas de melhoria devem trazer retorno financeiro para se justificarem. Para tanto, o processo de gestão da qualidade demanda meios capazes de gerar informações que subsidiem ações de aperfeiçoamento dos processos, objetivando a eliminação dos desperdícios, redução dos custos e o incremento da qualidade.

Para se obter os níveis desejados de qualidade existe a necessidade da aplicação de recursos, pois mesmo o mau produto tem o seu custo de qualidade, como afirma Calegare (1985). Desta forma, os Custos da Qualidade são a melhor maneira que a empresa possui para medir os sucessos da implementação de ações

de melhoria da qualidade (Crosby, 1994). Os custos da qualidade constituem as bases por meio dos quais os investimentos em programas de melhoria podem ser avaliados em termos de melhoramento de custos, aumento da lucratividade e outros benefícios (Feigenbaum, 1994).

Bottomoff (1997) afirma que os custos da qualidade são medidas de desempenho, com o mesmo grau de importância da medição da satisfação do cliente ou da pontualidade das entregas. Pode-se classificar os custos da qualidade como indicadores de desempenho, capazes de mensurar os processos e verificar quanto está sendo gasto na manutenção do nível de qualidade.

Na literatura encontram-se várias definições para os custos da qualidade (quadro 4).

Autor	Definição
Juran e Gryna (1991)	Os custos da qualidade são aqueles que não existiriam se o produto fosse fabricado perfeito na primeira vez.
Garvin (1992)	Os custos da qualidade são definidos como quaisquer despesas de fabricação ou de serviço que ultrapassem as que teria havido se o produto tivesse sido feito ou o serviço tivesse sido prestado com perfeição da primeira vez.
Feigenbaum (1994)	Os custos da qualidade estão associados à definição, criação e controle da qualidade, assim como avaliação e realimentação de conformidade com exigências em melhoria, confiabilidade, segurança e também às consequências provenientes de falha em atendimento a essas exigências, tanto no interior da fábrica como nas mãos dos clientes.
Crosby (1994)	O Custo da Qualidade compreende a despesa de fazer coisas erradas. É a sucata, o trabalho repetido, serviço após serviço, garantia, inspeção, testes e atividades similares que se tomam necessárias devido aos problemas de não conformidade.
Sakurai (1997)	Custo da qualidade são aqueles, incorridos por causa da existência ou da possibilidade de existência de uma baixa qualidade.

Quadro 4 – Definições de custos da qualidade.

Percebe-se uma similaridade nas definições, pois abordam os gastos incorridos na conformidade de um produto isento de defeitos. Para Crosby, (1994), as definições de custos de qualidade variam de acordo com a definição de qualidade e as estratégias adotadas pela empresa, que induzem a diferentes aplicações e interpretações.

Juran e Gryna (1991), dividem os custos da qualidade em:

- Custos de Prevenção: são os custos associados ao planejamento e execução de atividades, cujo objetivo é prevenir defeitos durante os estágios de projeto, produção, entrega e pós-entrega;
- Custos de Avaliação: são os custos associados com as atividades de medição ou avaliação de peças, produtos, componentes fabricados ou comprados, a fim de determinar a sua conformidade em relação às especificações;
- Custos de Falhas Internas – são os custos associados com os itens e produtos que não estão em conformidade com as especificações, incluindo a análise das falhas. Esses custos desapareceriam se os produtos fossem perfeitos, antes de serem entregues;
- Custos de Falhas Externas – são os custos que desapareceriam, se não houvesse defeitos nos produtos, após serem entregues.

O escopo dos custos da qualidade tem sido estreito na sua concepção, sendo que Reid (2002) relata que empresas que medem os custos da qualidade tem focado no custo da má qualidade (falhas internas e falhas externas), que são mais

fáceis de medir e entender. Medindo somente as falhas internas e externas não é possível quantificar quanto está sendo gasto para a manutenção dos níveis da qualidade.

Coral (1996) descreve que os custos da qualidade podem ser agrupados nos *aceitáveis* (caracterizados como aqueles que a empresa planeja gastar) e os *não aceitáveis* (sendo aqueles que a empresa deseja eliminar ou evitar). As ações podem ser estabelecidas visando um balanço ou uma melhor combinação entre os custos da qualidade (gráfico 2). Desta forma, quando se pensa em investir em prevenção, espera-se uma redução no custo devido às falhas.

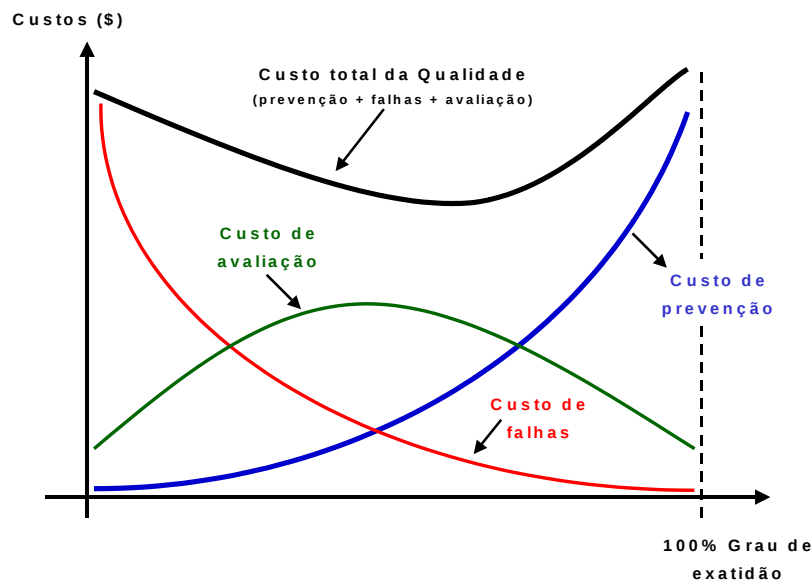


Gráfico 2 – Comportamento dos custos da qualidade.

Fonte: adaptado de Crosby (1994).

No gráfico 2 pode-se observar, na curva do custo total da qualidade, a existência de um ponto ótimo, ou seja, uma região onde os custos de prevenção, falhas e correção apresentam um menor valor.

4. Metodologia de Pesquisa:

Os aspectos que observamos na empresa estudada foram os projetos seis sigma desenvolvidos e os seus impactos nos custos da qualidade. A compreensão do ponto de vista da empresa pesquisada foi considerada fundamental para a obtenção de dados confiáveis, foi planejada uma pesquisa de enfoque qualitativo.

O método mais adequado, considerando o tipo de pesquisa e o grau de controle sobre os eventos é a Pesquisa-ação (Yin, 1994). Os critérios para escolha da empresa a ser utilizada como objeto de estudo, foram: ter implementado a pelo menos três anos a metodologia Seis Sigma; ter seu programa Seis Sigma, considerado como referência; possuir os custos da qualidade como índice de desempenho; ter conduzido projetos seis sigma que possibilitem a comparação da evolução de seu desempenho em relação ao nível sigma e aos seus custos da qualidade.

A empresa em estudo é uma das unidades da GE no Brasil. Atua no ramo autopeças, comercializa seus produtos no mercado interno e no mercado externo. A comercialização dos produtos é feita pela própria empresa. O programa Seis Sigma foi implementado em 1999, atualmente foram desenvolvidos mais de 180 projetos.

Os custos da qualidade foram implementados em 1998, com o advento da certificação NBR ISO 9001, sendo os dados compilados pela área da qualidade. O trabalho foi desenvolvido no período de março a maio de 2004, sendo os dados obtidos através de consulta nos projetos seis sigma e aos relatórios do custos da qualidade.

Para um melhor entendimento dos dados mensais coletados sobre os custos da qualidade na empresa, desdobram-se sua forma de coleta e disposição.

Custos de prevenção:

- **Engenharia e controle da qualidade:** custos associados ao planejamento, implementação e manutenção do sistema de gestão da qualidade e 'a transformação do projeto e das exigências do cliente em controles da qualidade de materiais, processos e produtos. Atividades incluídas: controle de qualidade; sistema de gestão da qualidade (incluindo a redação de procedimentos, normas e manuais); planejamento da qualidade; avaliação de fornecedores (antes da colocação do pedido); processos especiais; confiabilidade; estatísticas da qualidade; atividades formais de comitês de revisão de projeto e confiabilidade.
- **Engenharia e controle de processos:** custos associados a implementação e manutenção dos planos e procedimentos da qualidade. Atividades incluídas: controle de processos; ensaios de controle de processos; ensaios de confiabilidade; análise de defeitos; estudos de processos e capacidade; engenheiros de laboratório.
- **Projeto e desenvolvimento de equipamentos para medição e controle da qualidade.** Atividades incluídas: equipamentos de ensaio; planejamento e projeto de equipamentos de ensaio e de inspeção; engenharia e projeto de dispositivos de medição e aferição.
- **Planejamento da qualidade por outras áreas que não a da qualidade:** custos de planejamento da qualidade feito por pessoal que não se reporta à área da qualidade. Pessoal típico fora da área da qualidade que pode desempenhar funções de prevenção: laboratórios, que planejam o ensaio de itens no recebimento, durante o processo ou finais; produção, que projetam equipamentos de ensaio; produção ou industriais, que desenvolvem procedimentos de inspeção para avaliação da qualidade conforme o plano de inspeção; vendas, que desenvolve padrões visuais para análise da qualidade; da engenharia que desenvolve padrões de aceitação.
- **Aferição, calibração e manutenção de equipamentos** usados em controle da qualidade e usados na produção para avaliar a qualidade.
- **Garantia da qualidade dos fornecedores:** custos do pessoal envolvido em atividades preventivas de programas de garantia da qualidade em fornecedores. Estas atividades incluem: avaliação (avaliações, auditorias, classificação de fornecedores, identificação de novos fornecedores, avaliação de projeto e ensaio de produtos alternativos, revisão de ordens de compra antes de sua colocação); planejamento (determinação e documentação dos métodos para controle de fornecedores, planejamento dos requisitos de inspeção de recebimento, determinação da capacidade de fornecedores).

- **Treinamento para a qualidade:** custos para o desenvolvimento, implementação, operação e manutenção de programas formais de treinamento para a qualidade (dentre eles o Seis Sigma).
- **Administração, auditorias e melhorias:** administração (todas as despesas associadas ao planejamento, implementação e manutenção de um sistema da qualidade que não estejam especificadamente incluídas em outra conta. Por exemplo: secretárias, telefone, viagens); auditoria (custos associados ao planejamento, documentação, implementação, manutenção e execução de auditorias do sistema de gestão da qualidade e dos processos); melhorias (programas formais de melhoria da qualidade, entre eles os projetos seis sigma, além de atividades motivacionais).

Custos de avaliação:

- **Inspeção e ensaios de recebimento:** custos relativos aos ensaios para avaliar a qualidade de materiais comprados que se incorporarão ao item final ou serão consumidos durante as operações de produção, inclusive materiais consumidos ou distribuídos no controle de qualidade.
- **Inspeção e ensaios durante a produção:** custos associados à inspeção e ensaios, inclusive supervisão, apoio administrativo, e matérias consumidos ou destruídos no controle da qualidade.
- **Verificação durante a produção:** pessoal (que não seja classificado como inspetor) engajado na avaliação, durante o processo, da conformidade do item com os requisitos da qualidade.
- **Preparação para inspeção e ensaios:** custos de preparação dos equipamentos e produtos para ensaios, ou inspeções.
- **Auditorias da qualidade do produto:** custos de execução de auditorias da qualidade em itens durante o processo, ou acabados.
- **Avaliação dos dados de inspeção:** custos para a avaliação regular dos dados da inspeção antes da liberação do item para expedição, isto é, determinar se os requisitos da qualidade para o item foram atendidos.
- **Ensaio de desempenho no campo:** custos incorridos nos ensaios de campo para aceitação do produto no local da obra, anterior à liberação do produto para aceitação do consumidor.
- **Ensaio de liberação internos:** custos para preparar e executar os ensaios na fábrica, para aceitação do cliente.
- **Avaliação de material em campo (estoque de campo) e peças de reposição:** custos de avaliação e inspeção de material de obra (resultado de solicitações da engenharia), tempo de armazenamento ou outros problemas suspeitados.
- **Processamento de dados dos relatórios de inspeção e ensaios:** custos para acumulação e processamento dos dados de inspeção e ensaios usados no trabalho de avaliação.

Custos das falhas internas:

- **Refugos:** todas as perdas por refugos decorrentes do não cumprimento de requisitos da qualidade.

- **Retrabalho e reparo:** custo para atender os requisitos da qualidade de quando o material puder ser retrabalhado ou reparado.
- **Análise de não conformidades:** custos para analisar itens não conformes com o objetivo de descobrir as causas.
- **Reinspeção e reinsaios.**
- **Refugo e retrabalho, falha do fornecedor:** perdas incorridas devido a falha de material do fornecedor no atendimento aos requisitos da qualidade e pessoal envolvidos nesta atividade.
- **Atividades com materiais não-conformes:** custos relativos às avaliações preliminares e comissões de avaliação com relação a itens não-conformes.
- **Modificações:** custos do tempo gasto na reavaliação de itens, projetos e especificações.
- **Subclassificações:** perdas por redução de preços em função do não atendimento dos requisitos da qualidade.
- **Tempo parado:** custo referente à perda de capacidade produtiva devido a não-conformidades.

Custos das falhas externas:

- **Reclamações:** custos relativos à administração das reclamações de clientes.
- **Assistência técnica e responsabilidade legal pelo item:** custos da assistência técnica diretamente atribuíveis à correção de imperfeições, inclusive custos legais.
- **Itens rejeitados e devolvidos:** custo de manusear, transportar e contabilizar itens devolvidos.
- **Reparo de itens devolvidos:** custos associados com reparos de itens devolvidos.
- **Substituição em garantia:** custos de substituição de itens não-conformes no período de garantia. Custos de substituir itens devido à interpretação errada das especificações/requisitos do consumidor. Custos de substituir itens devido a erros ou inadequações do projeto ou da especificação da engenharia do fornecedor. Custos de substituir itens devido a erros de produção ou instalação.
- **Erros de marketing:** tais como interpretação errada da especificação ou expectativas do cliente.
- **Erro de engenharia:** como por exemplo erros de especificação.
- **Erros de fabricação ou instalação.**

Os relatórios dos custos da qualidade são gerados automaticamente no sistema e disponibilizados mensalmente a cada setor da empresa.

Foram selecionados quatro projetos seis sigma (descritos na tabela 2).

Caso 1				
Projeto seis sigma	Descrição do projeto	Consiste na redução da variabilidade da espessura da matéria prima.		
	Início fevereiro 2003; término maio 2003	Inicial	Final	Comentários
	Nível Sigma	1,58 σ	4,09 σ	
Custos da qualidade (U.M.)	Falhas internas	100	37,1	
	Falhas externas	352,6	14,78	
	Avaliação	252,3	178,0	Alterações nos equipamentos e nos critérios de inspeção de recebimento
	Prevenção	73,8	166,5	Investimentos no desenvolvimento dos fornecedores de chapas
	Total	778,7	396,38	
Caso 2				
Projeto seis sigma	Descrição do projeto	Consiste na redução da variabilidade da resistência a tração.		
	Início maio de 2003; término julho 2003	Inicial	Final	Comentários
	Nível Sigma	4,09 σ	4,99 σ	Calculado em relação aos produtos não conformes e devoluções de campo PPM
Custos da qualidade (U.M.)	Falhas internas	37,1	20,9	
	Falhas externas	14,7	2,9	
	Avaliação	178,0	198,3	Alteração nas inspeções de produção.
	Prevenção	166,5	258,4	Alteração no processo de preparação de máquina com treinamento dos operadores. Confecção de novo ferramental.
	Total	396,3	480,5	
Caso 3				
Projeto seis sigma	Descrição do projeto	Redução de sucatas inerentes ao processo de estampagem.		
	Início setembro 2003; término novembro 2003	Inicial	Final	Comentários
	Nível Sigma	4,91 σ	5,07 σ	Calculado em relação aos produtos não conformes e devoluções de campo PPM
Custos da qualidade (U.M.)	Falhas internas	19,9	15,9	
	Falhas externas	3,5	2,7	
	Avaliação	187,1	201,8	
	Prevenção	260	270,2	Investimento em projetos seis sigma para redução das rebarbas na prensa de estampagem (Melhoria do ferramental)
	Total	470,5	490,6	
Caso 4				
Projeto seis sigma	Descrição do projeto	Redução de defeitos superficiais das peças		
	Início novembro 2003; término janeiro 2004	Inicial	Final	Comentários
	Nível Sigma	5,07 σ	5,87 σ	Calculado em relação aos produtos não conformes e devoluções de campo PPM
Custos da qualidade (U.M.)	Falhas internas	15,9	9,2	
	Falhas externas	2,7	1,9	
	Avaliação	201,8	199,8	Inclusão de ensaio no recebimento das chapas
	Prevenção	270,2	289,9	Aquisição de equipamento de ensaio para inspeção de recebimento
	Total	490,6	500,8	

Tabela 2 – Descrição dos projetos seis sigma desenvolvidos no setor de estamparia e seus respectivos custos da qualidade.

Todos os projetos selecionados apresentam as seguintes características: todos foram desenvolvidos nos processos de prensagem; os projetos não foram realizados simultaneamente; não houveram projetos desenvolvidos em outros setores que tiveram influência no setor de prensas.

Devido a manter o sigilo de algumas informações os valores coletados foram indexados. Para o calculo dos custos da qualidade, utilizou-se como referência os custos das falhas externas do primeiro projeto (indexado como 100 unidades monetárias), sendo os cálculos realizados para os demais custos da qualidade. O nível sigma foi calculado em relação aos produtos não conformes e devoluções de campo PPM

Com os projetos desenvolvidos e os respectivos valores mensais dos custos da não qualidade e do nível sigma, foram coletados os dados dispostos na tabela 3.

	2003											2004
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan
Nível Sigma	1,58	1,62	2,97	4,11	4,51	4,99	4,86	4,91	4,87	5,07	5,22	5,87
Falhas internas	100	106,2	59,7	38,9	29,8	20,9	24,6	19,9	20,1	15,3	13,8	9,2
Falhas Externas	352,6	361,8	188,0	18,5	11,2	2,9	2,8	3,5	3,9	2,7	2,7	1,9
Avaliação	252,3	248,7	204,7	174,2	188	198,3	191,8	187,1	196	202	204,3	199,8
Prevenção	73,8	79,2	128,1	160,8	211,7	258,4	256	260	255	270	275	289,9
Custos da qualidade total	778,7	795,9	580,5	392,4	440,7	480,5	475,2	470,5	475	490	495,8	500,8

Tabela 3 – Custos da Qualidade e Nível Sigma.

Com os dados da tabela 3 foram construídos os gráficos 3, 4, 5, 6 e 7.

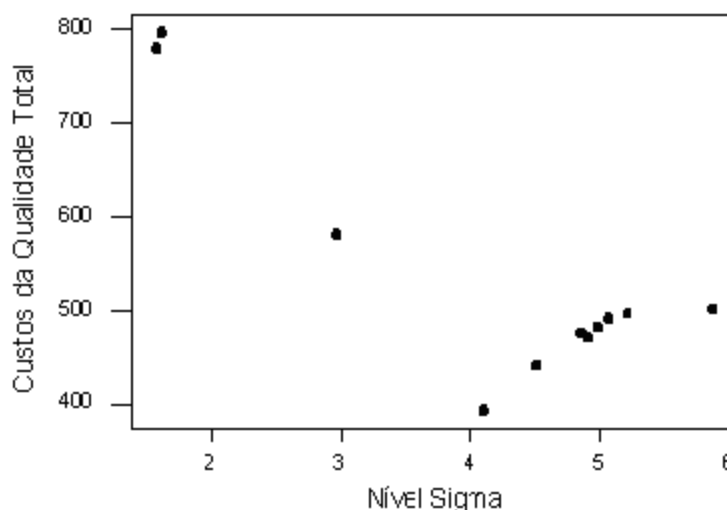


Gráfico 3 – Nível Sigma e os Custos totais da qualidade.

Verifica-se que os custos da qualidade apresentam redução significativa até o nível quatro sigma, posteriormente a curva apresenta uma tendência de crescimento. Tais resultados contradizem os dados apresentados por Pyzdek (2003), que condiciona o aumento do nível sigma com a redução dos custos da qualidade.

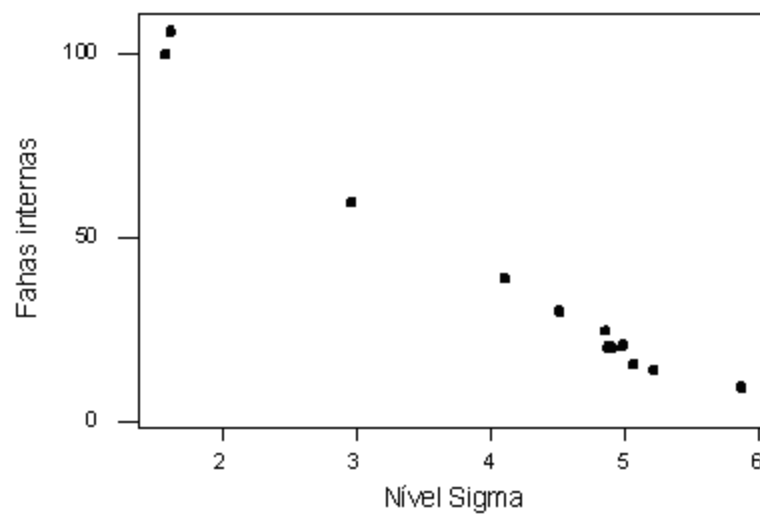


Gráfico 4 – Nível Sigma e os Custos das falhas internas.

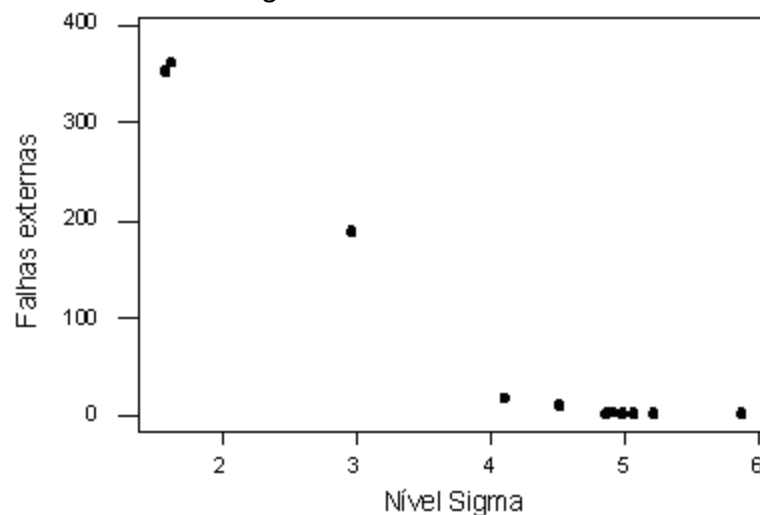


Gráfico 5 – Nível Sigma e os Custos das falhas externas.

Verifica-se, nos gráficos 4 e 5, que os custos das falhas internas e externas apresentam redução significativa até o nível quatro sigma, posteriormente a curva continua a apresentar uma tendência decrescente. Vale destacar que os custos das falhas externas reduziram mais que os das falhas internas. Tais resultados são semelhantes aos apresentados por Pyzdek (2003).

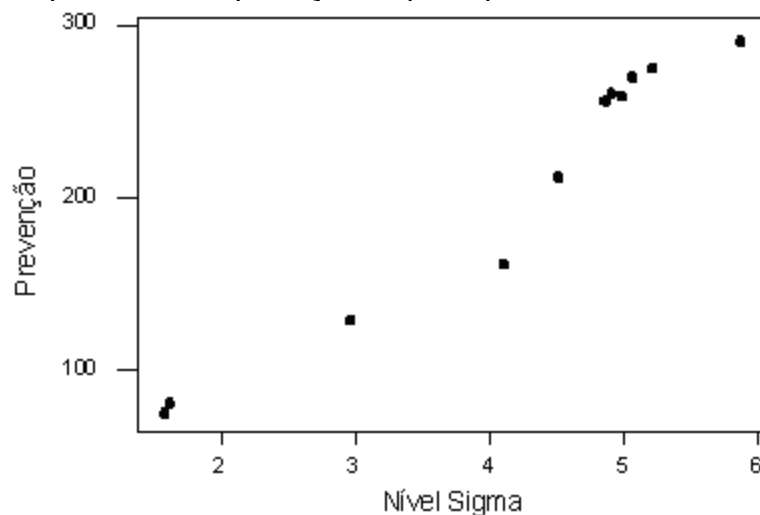


Gráfico 6 – Nível Sigma e os Custos de prevenção.

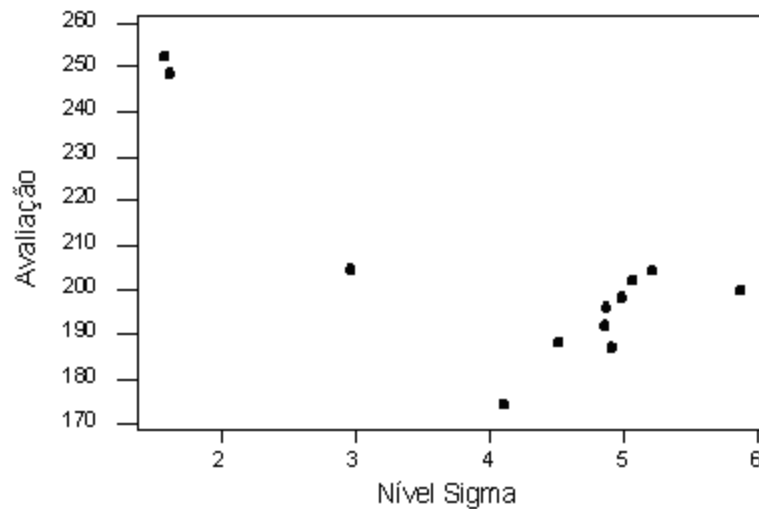


Gráfico 7 – Nível Sigma e os Custos de avaliação.

Observa-se, nos gráficos 6 e 7, que os custos de prevenção tendem a aumentar em relação ao nível sigma, enquanto os custos de avaliação apresentam uma queda até o nível sigma da ordem de quatro, aumento muito pouco com o crescimento do nível sigma.

5. Conclusões e propostas

As questões de pesquisa deste artigo fundamentam-se basicamente no gráfico 1 proposto por Pyzdek (2003), que teve como desdobramento as questões:

- são considerados apenas os custos das falhas (internas e externas) e os de correção? Os resultados apresentados com a análise dos casos permite considerar correto que os custos das falhas internas e externas reduzem com o crescimento do nível sigma. Tal conclusão é óbvia, pois o aumento do nível sigma implica na redução da probabilidade de se produzir itens defeituosos.
- investimentos em projetos Seis Sigma estão sendo considerados como custos de prevenção? A empresa analisada aloca os gastos com os projetos Seis Sigma como prevenção, sendo os mesmos alocados no treinamento para a qualidade (cursos e assessorias) e na conta melhoria (recursos consumidos pelos times na condução dos projetos).
- os valores apresentados possuem o comportamento descrito no gráfico 1? No caso analisado não, pois os custos de avaliação e prevenção apresentam comportamentos decrescentes, até a ordem de quatro sigma, e crescentes, para níveis sigma superiores a ordem de quatro sigma.
- a implementação de projetos Seis Sigma produz variações em quais parcelas dos custos da qualidade? No caso analisado, até a ordem de quatro sigmas os custos da qualidade apresentaram redução significativa em todas as suas partes, porém para valores superiores a cinco sigma, apenas os custos de falha apresentaram redução, os custos de prevenção e avaliação apresentam um pequeno crescimento.

Apesar dos resultados sugerirem que exista um ponto ótimo dos custos da qualidade em relação ao nível sigma (da ordem de quatro sigma), é prudente observar que com o passar do tempo os custos das falhas tendem a aumentar

devido a maiores exigências dos clientes, enquanto os custos de prevenção alocados em treinamento tendem a reduzir (caso a empresa consiga manter os funcionários capacitados), estes acontecimentos provocam um deslocamento crescente do nível sigma para um menor custo da qualidade.

Os resultados do caso sugerem que projetos seis sigma implicam no aumento dos custos de prevenção.

A existência dos custos da qualidade auxiliou na priorização dos projetos e nas etapas de melhoria e controle.

Como propostas para continuidade desta pesquisa, poderiam ser analisadas outras empresas, não apenas em projetos ligados a produção como também projetos nas áreas administrativas, permitindo posteriores análises. Este contexto sugere pesquisas sobre o uso dos custos da qualidade na metodologia Seis Sigma, no que abrange o percentual da receita alocado nos custos da não qualidade e o seu respectivo nível sigma.

Concluindo, a pesquisa contribuiu para a abordagem científica da metodologia Seis Sigma, amplamente difundida nas empresas, e seu impacto no desempenho da organização, em relação ao nível sigma e aos custos da qualidade.

Referências bibliográficas

- BAÑUELAS, R. ; ANTONY, J. **Going from Six Sigma to Design for Six Sigma: an Exploratory Study Using Analytic Hierarchy**. The TQM Magazine, v.15, n.5 , p. 334-344, 2003.
- BLAKESLEE JR. Jerome A. **Implementando a Solução do Seis Sigma**. Revista Banas Qualidade. Jan./2000.
- BOTTORFF, D. L. **A Forma Certa de Controlar os Custos da Qualidade** – Trad. de Simone Martins. Controle da Qualidade, nº 60, p. 9-11, maio, 1997.
- CALEGARE, Álvaro J. de A. **Técnicas de garantia da qualidade**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1985.
- CHOWDHURY, Subir. **The Power of Six Sigma**. Editora Dearborn Trade, USA, 2001.
- CORAL, Eliza. **Avaliação e gerenciamento dos custos da não qualidade**. Dissertação (Mestrado) – UFSC, Florianópolis, 1996.
- CORONADO, R. B.; ANTONY, J. **Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations**. The TQM Magazine, V.14 N.2 , p. 92-99, 2002.
- CROSBY, Phillip B. **Qualidade é investimento**. 6.ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1994.
- FEIGENBAUM, Armand V. **Controle da qualidade total: gestão e sistemas**. São Paulo: Makron Books, 1994. V. 1.
- GARVIN, David A. **Gerenciando a qualidade: a versão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.
- HARRINGTON, James. **Gerenciamento total da melhoria contínua**. Editora Makron Books. São Paulo. 1997.
- HENDERSON, Kim M. , e EVANS, James R. **Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company**. Benchmarking: An International Journal, V.7 N.4, p.260-281, 2000
- HILD, Cheryl; SANDERS, Doug; COOPER, Tony. **Six Sigma on Continuous Processes: How and Why it Differs**. Quality Engineering, v.13 n.1, p.1-9, 2000.
- JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. **Controle de Qualidade / Conceitos, Políticas e Filosofia da Qualidade**. Editora Makron Books. São Paulo, 1991.

- KASAHARA, Eduardo S.; CARVALHO, Marly M. **Análise dos modelos TQM e Seis Sigma: estudo de múltiplos casos**. ENEGEP 2003
- KUMPERA, Vitezlav. **Estratégia Gerencial Seis Sigma - 6 σ** . Revista BQ – Qualidade, Outubro de 1999 pág. 66/69.
- MARASH, S. A. **Six Sigma: Business Results Through Innovation**. ASQ's 54th Annual Quality Congress Proceeding, p.627-630, 2000.
- MERGULHÃO, Ricardo C. **Análise da implementação do Seis Sigma em empresas de manufatura no Brasil**. Dissertação de Mestrado, UNIFEI, Itajubá, 2003.
- MITCHELL, B. **The Six Sigma Appeal**. Engineering Management Journal, p.41-47, 1992.
- PANDE, Peter S.; NEUMAN, Robert P.; CAVANAGH, Roland R. **Estratégia Seis Sigma**. Trad. Bazón Tecnologia e linguística. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2001
- PYZDEK, Thomas. **Uma ferramenta em busca do zero defeito**. HSM Management. V.3 N.38, p.65-70, Maio-Junho, 2003
- REID, Dan R. **Purchaser and Supplier Quality – Going beyond ISO 9001, QS 9000 and TS 16949**. Revista Quality Progress, vol. 35, nº 8, p. 81-86, agosto, 2002.
- SAKURAI, Michiaru. **Gerenciamento integrado de custos**. São Paulo: Atlas, 1997.
- SANDERS, D., HILD, C. R. **Common Myths About Six Sigma**. Qual. Eng., V.13 N.2, p.269-276, 2000.
- WILSON, Mário Perez. **Seis Sigma compreendendo o conceito, as implantações e os desafios**. Ed. Qualitymark, 2000
- YIN, Robert K. **Case study research: design and methods**. (2nd ed.) Sage, Thousand Oaks, 1st ed.,171p, 1984.