

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA PARA MELHORAR A
QUALIDADE DE UM FORNECEDOR**

Ricardo de Marsillac Peña

Porto Alegre

2006

Ricardo de Marsillac Peña

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA PARA MELHORAR A
QUALIDADE DE UM FORNECEDOR**

Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado
Profissionalizante em Engenharia como requisito parcial
à obtenção do título de Mestre em Engenharia de
Produção, – modalidade Profissionalizante – Ênfase em
Sistemas de Qualidade

Orientadora: Profa. Dra. Márcia Echeveste

Porto Alegre

2006

Este Trabalho de Conclusão foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pelo Coordenador do PPGE, Escola de Engenharia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Profa. Márcia Echeveste, Dra.
Orientador Escola de Engenharia/UFRGS

Prof. Luis Antônio Lindua, Ph.D.
Coordenador do PPGE
Escola de Engenharia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

BANCA EXAMINADORA

Profa. Istefani de Paula, Dra.
PPGE/UFRGS

Prof. Lori Viali, Dr.
PUC/RS

Profa. Liane Werner, Dra.
PPGE/UFRGS

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais pela educação, dedicação, amor e estímulo que me ofereceram para a conclusão de mais uma etapa da minha vida. Dedico-lhes essa conquista como gratidão.

AGRADECIMENTO

Agradeço a família que sempre me incentivou na conclusão deste trabalho.

Agradeço a meus professores que sempre souberam me encaminhar nos estudos;

Agradeço a meus colegas e amigos pelo apoio e estímulo.

RESUMO

Nos últimos anos, tem se observado o crescimento do mercado agrícola em um cenário caracterizado pelo aumento de exportações, incentivos governamentais e entrada de novos competidores mundiais. Respondendo a este cenário, as empresas montadoras de máquinas e implementos agrícolas estão buscando fortalecer sua cadeia de fornecedores, visando atender rapidamente as necessidades de mercado. Para contribuir com o desenvolvimento de fornecedores, novas metodologias têm sido empregadas, onde pode ser destacado o programa Seis Sigma. Este trabalho apresenta a utilização da metodologia Seis Sigma em um fornecedor com o objetivo de reduzir o índice de componentes rejeitados. Como contribuição, apresenta-se um método de análise para a aplicação do Seis Sigma no desenvolvimento de fornecedores. O método apresenta como etapas principais: (i) o entendimento do mercado onde a empresa atua, (ii) a avaliação, seleção e conscientização do fornecedor, (iii) o desenvolvimento do projeto baseado na metodologia Seis Sigma e (iv) o registro das lições aprendidas. Em última análise, busca-se identificar as causas prioritárias e propor soluções de melhor custo benefício, visando aumentar o nível de qualidade do fornecedor. A aplicação do projeto Seis Sigma inicia pela definição do problema, fazendo o levantamento do histórico de qualidade do fornecedor e estratificando os possíveis fatores que podem interferir no seu desempenho. Os resultados finais demonstram os benefícios da utilização da metodologia Seis Sigma para desenvolvimento no fornecedor e os níveis de qualidade alcançados. Também é enfatizada a importância do fortalecimento da parceria entre montadora e fornecedor para sustentar os ganhos a longo prazo e transformá-los em vantagem competitiva no mercado atual.

Palavras-chave: Seis Sigma, Cadeia de fornecedores, Agronegócio.

ABSTRACT

In the last few years, we have noticed the growth of the agricultural market as an outcome of the increase on exports, government incentive and the development of new world competitors. In order to compete in this scenario the companies that assemble agricultural machines and implements are working to strengthen their supply chain and be able to rapidly meet market requirements. From the new methodologies that have been used to develop suppliers the Six Sigma Program could be highlighted as an efficient tool. This study presents the use of the Six Sigma methodology at a supplier to reduce the rate of rejected components. As a contribution, an analysis method for applying the Six Sigma on suppliers development is presented. The main phases of the method are the understanding of the market, evaluation, selection and training of the supplier and, finally, the development of the Project based on the Six Sigma Methodology followed by the registration of what has been learned. At last, this study intends to identify the priority causes and propose the best cost-benefit Improvement solution with the objective of increasing the quality level of the supplier. The case study initiates by the definition of the problem, showing a fact-finding of the supplier's quality history and the stratification of the factors that might be interfering in its performance. The final results show the benefits of using the Six Sigma methodology for developing suppliers and the quality levels reached. It also emphasizes the importance of strengthening the partnership between the assembler and the supplier in order to support long-term gains and make them a competitive advantage in today market.

Key words: Six Sigma, Supply chain, Agribusiness.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Participação de mercado de tratores em 2005.....	14
Figura 2 - As cinco forças competitivas (PORTER, 1986)	23
Figura 3 - Empresas que utilizam o Seis Sigma <i>versus</i> período de implementação.....	33
Figura 4 – Organização Seis Sigma.....	35
Figura 5 - Diagrama de Pareto relacionando tipo de defeito de um componente.....	43
Figura 6 - Diagrama de causa e efeito	44
Figura 7 – Histograma genérico.....	45
Figura 8 - Gráfico de controle genérico	47
Figura 9 – Fluxograma genérico	48
Figura 10 - Mapa de processo de montagem de um componente.....	49
Figura 11 - Árvore de falhas para um sistema de controle de temperatura	51
Figura 12 – FMEA de projeto.....	52
Figura 13 – Método para aplicação do Seis Sigma em fornecedores	58
Figura 14 – Número de tratores produzidos no Brasil.....	61
Figura 15 – Exemplos de Chicotes Elétricos de um trator.....	68
Figura 16 – PPM de chicotes entre Janeiro e Dezembro de 2004 nas plantas A e B.	73
Figura 17 – <i>Project Charter</i>	74
Figura 18 – Pareto do PPM por planta do fornecedor	75
Figura 19 – Mapa de processo do fornecedor de chicotes elétricos	77
Figura 20 - Máquinas aplicadoras manuais	78
Figura 21 - Estudo de capacidade com bitola de 0,5mm ² e Cpk:-0,49.....	79
Figura 22 - Estudo de capacidade com bitola de 1,5mm ² e Cpk: 0,67	79
Figura 23 - FTA do processo de grimpagem	80
Figura 24 - Aplicadores rachados e sem manutenção.....	81
Figura 25 - Dois fios grimpados em um único terminal	81
Figura 26 - Estudo de capacidade com Cp: 2,8 e Cpk: 2,65	82
Figura 27 – Identificação das mesas de montagem	84
Figura 28 – Investimentos em novos aplicadores no fornecedor.....	86
Figura 29 – Estudo de capacidade com bitola de 0,5mm ² e Cpk: 1,61.....	88
Figura 30 - Estudo de capacidade com bitola de 1,5mm ² e Cpk: 3,31	88
Figura 31 - Estudo microscópico de fechamento do terminal	89
Figura 32 - Dispositivo de posição para a grimpagem dos chicotes.....	91
Figura 33 - Resultados gráficos dos fatores do experimento de extração dos chicotes....	93
Figura 34 – Novas mesas de montagem de chicotes.....	94

Figura 35 - Novo <i>Check List</i> na expedição de chicotes	95
Figura 36 – Planilha parcial de atualização de desenhos	96
Figura 37 – Instrução visual na linha de montagem do fornecedor	97
Figura 38 – Índice de Devolução do fornecedor em PPM nos últimos 12 meses	98
Figura 39 - Fluxograma do plano corretivo	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ranking de produção e exportação no Brasil.	13
Tabela 2 - Caracterização da dissertação	18
Tabela 3 - Fatores de seleção de um fornecedor.....	28
Tabela 4 - Fatores de Avaliação de Fornecedores	30
Tabela 5 - Benefícios obtidos ao alcançar “níveis sigma” mais altos.....	32
Tabela 6 - Tipos de gráfico de controle	46
Tabela 7 - Simbologia básica para árvore de falhas	50
Tabela 8 - Relacionamento entre Cpk, sigma e ppm	53
Tabela 9 - Descrição do método de desenvolvimento do trabalho	59
Tabela 10 - Critérios para escolha do fornecedor da empresa	65
Tabela 11 - Matriz de Priorização dos Fornecedores.....	66
Tabela 12 - Matriz de Priorização de projetos	70
Tabela 13 - Comprovação se as metas específicas atingem a meta geral.....	76
Tabela 14 - Matriz de priorização do processo de montagem	83
Tabela 15 - Valores de Cpk no processo de grimpagem.....	87
Tabela 16 - Valor médio de força dos fatores do experimento.....	91
Tabela 17 – Análise de variância do experimento de extração dos chicotes.....	92
Tabela 18 - Aprendizado do método quanto ao programa Seis Sigma.....	105
Tabela 19 - Aprendizado do método quanto aos fatores de sucesso do Seis Sigma em fornecedores.....	108

SUMÁRIO

1. COMENTÁRIOS INICIAIS.....	12
1.1 Introdução	12
1.2 Tema e Objetivos	15
1.3 Justificativa	15
1.4 Método	17
1.5 Delimitações do trabalho	19
1.6 Estrutura do trabalho.....	20
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO	21
2.1 Vantagem Competitiva	21
2.2 Desenvolvimento de Fornecedores como Vantagem Competitiva.....	24
2.2.1 Seleção de Fontes de Suprimentos.....	26
2.2.2 Fatores que influenciam na seleção das fontes	28
2.2.3 Avaliação de fornecedores.....	29
2.3 Metodologia Seis Sigma	31
2.3.1 Benefícios do Seis Sigma.....	33
2.3.2 Processos de aplicação do seis sigma	34
2.3.3 Organização Seis sigma	35
2.3.4 Fatores Críticos de Sucesso	36
2.3.5 A metodologia DMAIC	41
2.3.6 As Ferramentas do Seis Sigma	42
2.3.7 Futuro e Tendência do Seis Sigma.....	54
3. MÉTODO PARA APLICAÇÃO DO SEIS SIGMA EM FORNECEDORES.....	57
3.1 Entender o Mercado e o Ambiente do Agronegócio	60
3.1.1 O Setor Agrícola Brasileiro	60
3.1.2 Caracterização da Empresa	61
3.2 Avaliar os Fornecedores	62
3.3 Escolher o Fornecedor para o Projeto Seis Sigma	64
3.3.1 Conscientizar e Comprometer do Fornecedor	68
3.4 Selecionar o Projeto Seis Sigma para o Fornecedor Escolhido	69
4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO SEIS SIGMA	71
4.1 Desenvolver o Projeto Baseado na Metodologia DMAIC.....	71
4.1.1 <i>Define</i> : Definição do Problema.....	71
4.1.2 <i>Measure</i> : Estratificação do Problema	73
4.1.3 <i>Analyze</i> – Análise do Problema	76

4.1.4 <i>Improve</i> – Plano de Ações	85
4.1.5 <i>Control</i> – Resultados Atingidos.....	96
4.2 Registrar o aprendizado da Aplicação do DMAIC no Fornecedor.....	100
5. <i>CONSIDERAÇÕES FINAIS</i>	102
6. CONCLUSÕES	110
6.1 Sugestões para trabalho futuros	112
REFERÊNCIAS.....	113

1. COMENTÁRIOS INICIAIS

1.1 Introdução

Nos últimos anos, o Agronegócio tem se consolidado como um dos principais setores para o crescimento e sustentação da economia brasileira. Este crescimento proporcionou a abertura de mercado, gerando um acréscimo nas exportações de máquinas e implementos agrícolas, além de aumentar a competitividade e concorrência pelas entradas de grandes potências mundiais no cenário nacional.

A entrada no mercado globalizado exige que as empresas mantenham-se constantemente em busca de inovações que agreguem vantagens competitivas aos seus negócios. O aumento da concorrência, as rápidas mudanças tecnológicas, a diminuição do ciclo de vida dos produtos são as maiores exigências por parte dos consumidores e principais agentes, que impulsionaram as empresas para que tenham agilidade, produtividade e alta qualidade em seus produtos.

O Brasil é um país que apresenta terras propícias para a lavoura mecanizada, clima favorável, empresários inovadores, equipamentos de tecnologia de ponta e, principalmente, área de plantio disponível para o crescimento da agricultura. Atualmente, o Brasil apresenta 851 milhões de hectares, incluindo as áreas da selva amazônica e pastagens naturais e cultivadas. No entanto, somente 47 milhões destes hectares, cerca de 5,5% do território nacional, estão sendo utilizados para o plantio de diferentes culturas. Isso contrasta diretamente com o desenvolvimento dos países europeus, que chegam a plantar até 60% de sua área (COGO, 2005).

Frente a este cenário, a agricultura no Brasil vem quebrando recordes consecutivos de produção e exportação, sendo muitas vezes o principal produtor e exportador de *commodities*, como pode ser evidenciado na tabela 1. Esse excelente desempenho fez com que o Agronegócio atingisse um aumento de mais de 50% nas exportação em 2004, atingindo um superávit de 78%, o que corresponde a algo em torno de US\$ 4 bilhões. Além disso, exportar *commodities* agropecuários não é privilégio somente de países pobres, de terceiro mundo. Entre os 10 maiores exportadores estão os Estados Unidos, União Européia, Canadá e Austrália.

Tabela 1 - Ranking de produção e exportação no Brasil.

<i>COMMODITY</i>	PRODUÇÃO	EXPORTAÇÃO
Café	1º	1º
Açúcar	1º	1º
Suco de Laranja	1º	1º
Soja	2º	1º
Carne de gado	2º	1º
Milho	3º	3º
Galinha	3º	1º
Algodão	4º	4º
Porco	4º	4º
Arroz	9º	-

Fonte: COGO (2005)

Com base neste crescimento de mercado, as montadoras tiveram que se preparar para a nova demanda. As multinacionais como AGCO, John Deere e New Holland investiram milhões para aumentar sua capacidade de produção e atender as necessidades do mercado. A participação de mercado dessas montadoras em 2005 pode ser visto na figura 1.

Da mesma forma que as montadoras, a cadeia de fornecedores também precisa acompanhar o crescimento do mercado para não serem substituídos. Eles devem estar prontos para atender as necessidades de mercado e fornecer todos os componentes e/ou subconjuntos com qualidade, precisão de entrega e preço competitivo.

Este trabalho utiliza uma empresa montadora de máquinas agrícolas como estudo de caso. Essa empresa, alinhada com esse cenário, tem como diretriz trabalhar com seus fornecedores em forma de parceria, de maneira a desenvolvê-los e capacitá-los a este novo mercado. No entanto, o atendimento a essas novas necessidades deve ser realizado de uma forma sustentável, com a utilização de ferramentas capazes de gerar resultados e sem acarretar desgaste, prejuízo ou falência do fornecedor.

Muitas iniciativas podem ser tomadas para contribuir ao alcance desses objetivos, no entanto, este trabalho destaca a estratégia Seis Sigma como um programa de melhoria e alcance de novos patamares de qualidade. O Seis Sigma apresenta uma abordagem que vem alcançando excelentes resultados na busca pela redução da variabilidade e, conseqüentemente, dos defeitos e dos custos existentes nas empresas que realizam sua implementação. A metodologia empregada pelo Seis Sigma tem proporcionado uma redução significativa de falhas, permitindo o aprimoramento de processos de forma estruturada, consistente e duradoura, pois analisa os problemas utilizando o pensamento científico.

O foco dos projetos em Seis Sigma está direcionado para aquelas atividades que são consideradas críticas e que agregam valor ao processo. Esse foco é importante porque os clientes finais buscam a melhor qualidade pelo menor preço, fazendo com que os fornecedores concentrem seus esforços naquilo que realmente agrega valor ao produto ou serviço, eliminando as fontes de desperdício, como esperas, retrabalho e verificações desnecessárias.

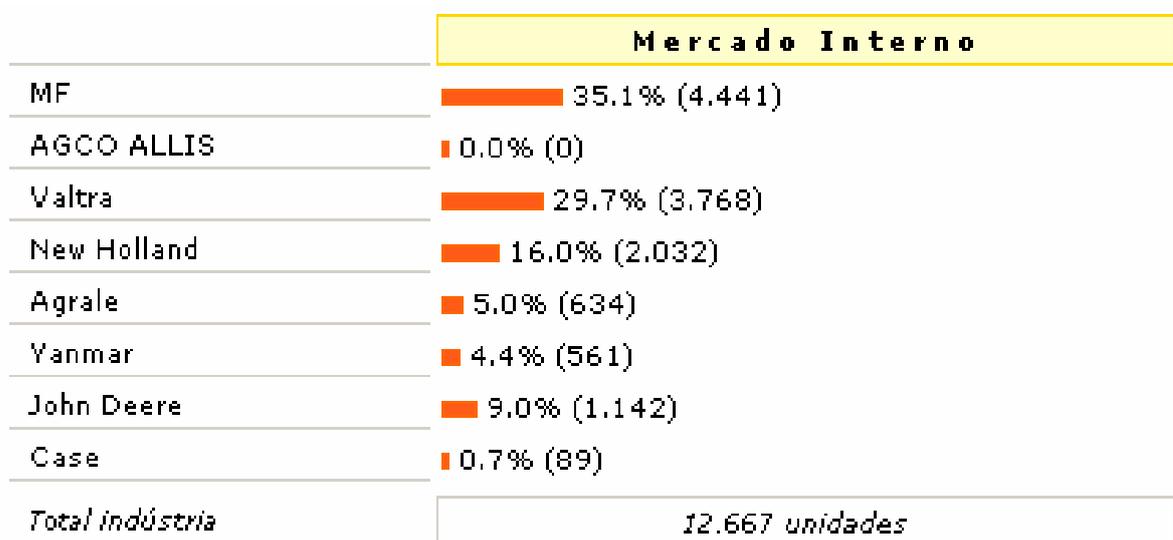


Figura 1 – Participação de mercado de tratores em 2005.

[Fonte: ANFAVEA]

1.2 Tema e Objetivos

Este trabalho de conclusão aborda o desenvolvimento da qualidade em fornecedores através da utilização de ferramentas estatísticas e de qualidade dentro da estratégia Seis Sigma. Em última análise, visa capacitar os fornecedores às novas demandas e necessidades de mercado e transformá-los em fornecedores de excelência mundial e competitivos no cenário atual. Assim sendo, o tema deste trabalho é a melhoria da qualidade através da Metodologia de Seis Sigma.

O objetivo principal deste trabalho é apresentar a aplicação da metodologia de Seis Sigma, por meio de um método desenvolvido pelo autor e destacando as melhores práticas e dificuldades na condução de um projeto centrado na melhoria da qualidade dos processos de fabricação e controle dos fornecedores. O Seis Sigma utiliza a metodologia de resolução de problemas baseada no DMAIC, que apresenta 5 etapas: definir, medir, analisar, melhorar e controlar.

Entre os objetivos específicos, podem ser citados:

- Aplicar a metodologia Seis Sigma com a utilização do DMAIC em um fornecedor para reduzir o índice de componentes entregues com defeito pelo fornecedor (índice de peças devolvidas por milhão - PPM).
- Desenvolver mecanismos que auxiliem no comprometimento do fornecedor para atingir as metas com a utilização da metodologia Seis Sigma.
- Desenvolver mecanismos que auxiliem ao entendimento das vantagens para a empresa do desenvolvimento de fornecedores em projetos de parceria.

1.3 Justificativa

O crescimento de exportação de máquinas e implementos agrícolas nos últimos anos tornou a qualidade e a flexibilidade da cadeia de fornecedores como um dos fatores críticos de sucesso para as empresas montadoras.

Os fornecedores do Agronegócio apresentam características diferenciadas em relação aos fornecedores automotivos, pois o volume de produção de uma linha de montagem agrícola é muito baixo, sendo que um mês de produção de máquinas agrícolas representa apenas um dia de produção do mercado automotivo. Assim, as empresas de máquinas agrícolas, desenvolvem fornecedores específicos, muitas vezes de pequeno porte e que são dependentes de uma única montadora.

Alinhado a esse cenário, a empresa de estudo de caso possui mais de 300 fornecedores em atividade e divide a sua cadeia de fornecimento em peças nacionais e importadas. Dentre estes, 70% são fornecedores nacionais e localizam-se principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e São Paulo e, os demais, estão localizados no exterior, principalmente, na Argentina, Inglaterra e Turquia. Estes fornecedores podem ser classificados como fornecedores com alto e baixo poder de barganha.

Os fornecedores com alto poder de barganha são grandes empresas que fornecem componentes do tipo A, ou seja, que agregam grande valor ao produto final, neste caso, o trator. Estes fornecedores utilizam seu alto potencial produtivo para suprir a maioria das empresas nos segmentos de máquinas agrícola e automotivo. Com isto, existe um grande esforço para que estes sejam capazes de se adequar às flutuações de demanda, de forma que consigam atender as necessidades da linha de produção. Contudo, não há grande abertura para negociação de preços, demandas específicas e qualidade uma vez que a empresa é dependente de seus componentes.

Já os fornecedores com baixo poder de negociação, podem ser descritos como empresas dependentes. Eles são empresas pequenas, possuem qualidade, mas existe a alternativa de negociar os preços dos itens e definir padrões.

Atualmente, é fundamental que as empresas direcionem seus esforços para o aprimoramento da qualidade de seus produtos ou serviços, associados a uma gestão moderna e lucrativa, que permita a sua continuidade no cenário competitivo. Assim, o desenvolvimento de fornecedores torna-se um dos fatores fundamentais para o mercado agrícola. A alta velocidade de resposta às variações de mercado, flexibilidade de produção, preço adequados ao mercado, prazo de entrega confiáveis e, principalmente, qualidade. Estas são características imprescindíveis para que as empresas e fornecedores se mantenham competitivos dentro do cenário do agronegócio brasileiro.

Com ênfase ainda no desenvolvimento de fornecedores, o programa Seis Sigma é uma metodologia que visa aumentar a qualidade dos processos e reduzir os desperdícios nos processos, tornando as operações mais eficientes, com menos defeitos e, principalmente, custo mais baixo. Essa metodologia utiliza uma análise quantitativa dos processos envolvidos, de modo a permitir o desenvolvimento de soluções mais adequadas e análises mais precisas e eficientes que os métodos convencionais.

O alinhamento do desenvolvimento de fornecedores com a estratégia do programa Seis Sigma é muito importante para se obter um crescimento sustentável, pois essa metodologia proporciona uma formalização da qualidade através da identificação de lacunas que não agregam valor à empresa. Além disso, o aumento de qualidade nos fornecedores está diretamente relacionado com a captação das necessidades dos clientes finais, pois neles residem as necessidades de mercado para o fortalecimento da parceria e imagem com os fornecedores.

Academicamente, existem poucos exemplos práticos na literatura da utilização da metodologia Seis Sigma como contribuição no desenvolvimento de fornecedores. O desenvolvimento de um método específico baseado no DMAIC, juntamente com uma abordagem dos aspectos teóricos da metodologia em relação a sua aplicação, contribui para a discussão das vantagens e desvantagens da utilização do Seis Sigma no desenvolvimento e melhoria de qualidade de fornecedores.

1.4 Método

Esta dissertação aborda o desenvolvimento de um método de trabalho baseado na aplicação da metodologia Seis Sigma para resolver problemas específicos de um determinado fornecedor.

Desta forma, esse trabalho de conclusão pode ser caracterizado de acordo com a natureza, abordagem, objetivos e procedimentos como pode ser visto na tabela 2. Do ponto de vista de sua natureza e abordagem, o trabalho pode ser considerado como de Pesquisa Aplicada e Quantitativa, pois é desenvolvido um método na solução de um problema específico, envolvendo a utilização de técnicas estatísticas e análise numérica.

Em relação aos objetivos, o trabalho é explicativo, pois são descritos os porquês e as razões da resolução do problema e, por fim, do ponto de vista de procedimentos, ele é caracterizado como Pesquisa Ação, pois o pesquisador está diretamente envolvido no trabalho.

Tabela 2 - Caracterização da dissertação

Caracterização	Pesquisa
Natureza	Aplicada
Abordagem	Quantitativa
Objetivos	Explicativa
Procedimentos	Pesquisa Ação

Quanto à organização para atingir os objetivos desse trabalho, as seguintes etapas foram percorridas:

A primeira etapa compreende em entender o cenário da indústria de máquinas agrícolas no Brasil e como a empresa de estudo está posicionada nesse cenário. Além disso, essa etapa descreve como os fornecedores são avaliados e selecionados para o desenvolvimento do estudo de caso utilizando o Seis Sigma.

Na segunda etapa, é definido o projeto Seis Sigma, o seu objetivo com esse fornecedor e descrito como os conceitos do Seis Sigma são repassados ao mesmo. Desta forma, essa etapa visa abordar a busca do comprometimento do fornecedor como fator propulsor de melhoria no desenvolvimento do projeto de Seis Sigma.

Na terceira etapa, é realizado o desenvolvimento e implantação do projeto de Seis Sigma com a utilização da metodologia DMAIC. Assim, é realizado um levantamento do histórico de Qualidade desse fornecedor e um mapeamento dos processos internos para identificar quais as oportunidades de melhoria. Em seguida, são demonstrados e comprovados as causas do problema através de análises estatísticas e ferramentas de Qualidade, visando implementar as ações de melhor custo benefício.

Por fim, na quarta etapa, planos de ação preventivo e corretivo são desenvolvidos para garantir que os ganhos qualitativos e quantitativos sejam sustentáveis ao longo do tempo. Além disso, considerações finais e conclusões são apresentadas, destacando o aprendizado da aplicação do Seis Sigma em um fornecedor e recomendações práticas para a utilização da metodologia DMAIC em futuros projetos. Seis Sigma.

1.5 Delimitações do trabalho

Nos últimos anos, o desenvolvimento de fornecedores é um fator crítico de sucesso para as montadoras de máquinas e implementos agrícolas e esse conceito compreende uma série de fatores que está diretamente relacionada com questões logísticas, produtivas e comerciais. No entanto, este trabalho compreende somente o desenvolvimento de um (1) projeto para aumentar a Qualidade de um (1) fornecedor, buscando analisar o seu processo produtivo e reduzir o índice de peças rejeitadas pelos clientes, não podendo garantir a representatividade do projeto em outros fornecedores da empresa.

Deste modo, existem inúmeras práticas que podem ser desenvolvidas para melhorar a *performance* de um fornecedor. A metodologia escolhida para o desenvolvimento deste trabalho é o Seis Sigma, por ser esta, uma metodologia que vem ganhando força na indústria automotiva agrícola e também pelo alto potencial de redução de custo que ela proporciona.

O desenvolvimento do projeto Seis Sigma nesse trabalho abrange um único fornecedor dentro do *commodity* de elétricos e eletrônicos. Além disso, o fornecedor escolhido foi de pequeno porte, pois esses fornecedores são totalmente dependentes do cliente e tem como único objetivo cumprir as metas estabelecidas pelas montadoras e assim, conseguir obter o seu comprometimento para o desenvolvimento do projeto, que é um dos pontos críticos para o sucesso da utilização do Seis Sigma.

1.6 Estrutura do trabalho

Este trabalho de conclusão é organizado em 6 capítulos. No primeiro capítulo, apresenta-se uma introdução sobre o cenário agrícola brasileiro, justificando a importância para as empresas montadoras de máquinas agrícola de terem fornecedores confiáveis e que acompanhem as oscilações de mercado. Este capítulo também apresenta os objetivos, método de trabalho, estrutura e suas limitações.

No segundo capítulo, efetua-se a revisão bibliográfica, que serve de fundamento para a presente dissertação. Primeiramente, abordam-se aspectos sobre a importância dos fornecedores como vantagem competitiva. Na sequência, descreve-se a importância do Desenvolvimento de fornecedores e, por fim, apresentam-se os fundamentos da metodologia Seis Sigma.

No terceiro capítulo, descreve-se o método de trabalho a ser desenvolvido no estudo de caso. Esse método aborda o entendimento do cenário do mercado agrícola e *Define* os critérios para avaliar e selecionar o fornecedor a ser desenvolvido o projeto. Da mesma forma, são apresentados os critérios de seleção do projeto e como o comprometimento do fornecedor foi obtido para a aplicação do Seis Sigma.

No quarto capítulo, foi aplicada cada fase do DMAIC, onde identificam-se quais as principais causas dos problemas, encaminham-se às ações apropriadas para melhorar a Qualidade do fornecedor, avaliam-se os resultados alcançados e registram o aprendizado do projeto.

No quinto capítulo, apresenta-se comentários finais quanto a metodologia Seis Sigma aplicados em fornecedores. Por fim, no sexto e último capítulo, apresentam-se as conclusões do trabalho, além de recomendações para futuros projetos como continuidade do trabalho desenvolvido.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

As empresas desenvolvem suas atividades em meio a um macroambiente que condiciona, de forma considerável, seu funcionamento. Esse ambiente sofre mudanças bruscas e rápidas em todos os sentidos, fazendo com que as empresas fiquem vulneráveis em não atender às exigências do mercado no qual estão inseridas e dispostas a se manter.

Em função disso, as empresas estão direcionando seus esforços na busca de ferramentas e metodologias para fazer sempre certo na primeira vez com o menor custo associado possível.

Este capítulo compreende uma revisão bibliográfica do trabalho e está dividida em três seções. Inicialmente destaca-se a vantagem competitiva no seu conceito e, em seguida, descreve-se os benefícios da vantagem competitiva no desenvolvimento de fornecedores. Na terceira seção, é realizada uma descrição da metodologia Seis Sigma, incluindo seus conceitos, fatores-chaves de sucesso e quais as principais ferramentas que podem ser utilizadas no desenvolvimento de um projeto.

2.1 Vantagem Competitiva

A vantagem competitiva de uma empresa tem origem nas inúmeras atividades distintas que ela executa no projeto, na produção, no marketing, na cadeia de fornecedores, de modo que cada atividade possa contribuir para a criação de uma base para a diferenciação, podendo originar-se de diversos fatores, desde a aquisição de matérias-primas até a agilidade para o atendimento a clientes.

A cadeia de valores desagrega uma empresa nas suas atividades de relevância estratégica para que se possa compreender o comportamento dos custos, fontes existentes e potenciais para a diferenciação. Ela encaixa-se numa corrente de atividades denominada Sistema de Valor, onde o conhecimento das cadeias de valor dos fornecedores, da empresa, dos canais e do comprador, torna-se imprescindível para a obtenção e sustentação de uma vantagem competitiva (PORTER, 1998).

A busca pelo aumento da competitividade no mercado é uma luta constante que a maioria das organizações enfrenta. Nesse sentido, mesmo que o desempenho atual das empresas seja satisfatório, não se deve ficar acomodado. É importante que a alta administração das empresas entenda que não serão superados pelos concorrentes se mudarem e inovarem mais rapidamente (KAPLAN, 1998).

A vantagem competitiva de uma determinada empresa só pode ser obtida através da diminuição da vantagem competitiva de seu oponente, caracterizado pelo binômio fornecedor-cliente. A indústria deve desenvolver habilidades específicas para lidar com este binômio. Zairi (1997) cita também, que a competitividade bem sucedida é o resultado da habilidade em determinar racionalmente a capacidade de competir, por meio da verificação dos pontos fortes e fracos da organização, juntamente com um esforço constante em satisfazer as necessidades dos clientes.

Porter (1986) diz que a intensidade da concorrência em uma empresa não é questão de coincidência ou de má sorte. Forças externas à indústria são significativas e estão presentes o tempo todo. O autor apresenta um modelo de análise da estrutura competitiva de uma indústria, o qual leva em consideração as cinco forças de caráter estrutural básico que dirigem a competição e que atuam nas fronteiras de uma empresa, as quais são apresentadas na figura 2.

Uma vez que as forças externas em geral afetam todas as empresas na indústria, o ponto básico encontra-se nas diferentes habilidades em lidar com elas, e, portanto a meta da estratégia competitiva para uma unidade empresarial em uma determinada indústria é encontrar uma posição dentro dela em que a companhia possa melhor se defender contra estas forças competitivas ou influenciá-las a seu favor.

Além disso, não basta apenas fornecer produtos ou serviço aos clientes, é necessário desenvolver experiências personalizadas, formando com sinergia a criação conjunta de produtos e serviços que possam ter aceitação no mercado.

O cliente é a razão de ser das empresas, porém, a cadeia produtiva é formada por uma seqüência de fornecedores e clientes. Quanto melhor for o relacionamento entre eles, maiores chances das organizações obterem sucesso. Toda a cadeia de fornecimento pode ser vista como uma corrente, cujos elos interligados, devem operar sinergicamente para fornecer um produto ou serviço que satisfaça o seu cliente imediato. Se um desses elos

falhar, toda a cadeia será comprometida. Esta aproximação entre clientes e fornecedores produz, em muitos casos, uma dependência mútua importante em torno do interesse das organizações.

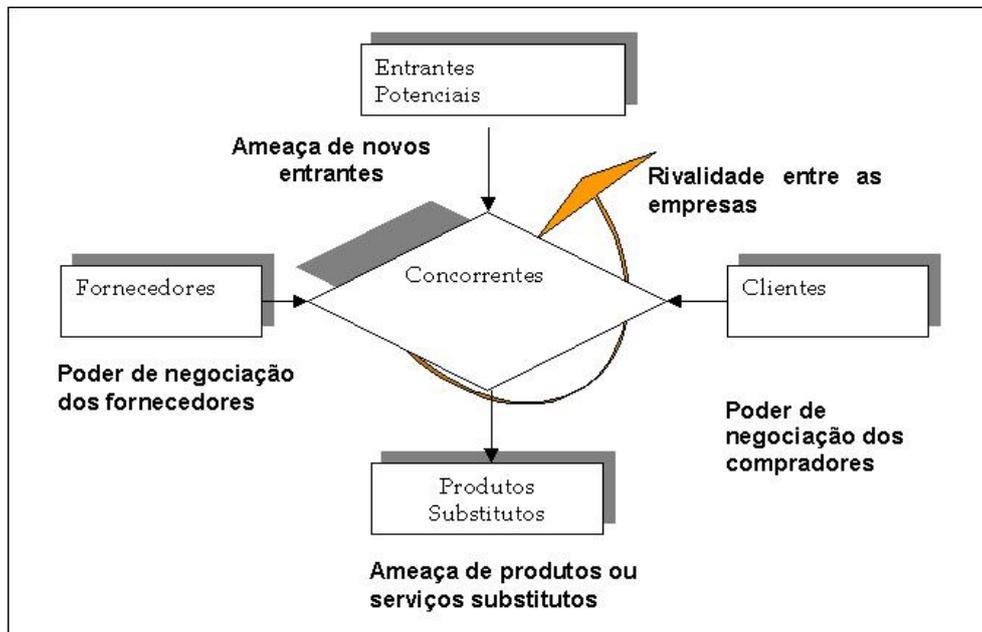


Figura 2 - As cinco forças competitivas (PORTER, 1986)

Neste sentido, conforme Reichheld (2000), os fornecedores que não buscam a lealdade dos clientes abalam sua proposta de valor e arriscam o futuro. Segundo Tucker (2001), a descontinuidade de um empreendimento pode ser causada pela insistência de um fornecedor em manter posturas totalmente ultrapassadas de relacionamento com os clientes dos produtos e serviços ofertados.

Kotler (2001) menciona que a agilidade será um fator preponderante para a sobrevivência das organizações, quando afirma que, nos anos 80, as empresas eram cuidadosas com os seus novos produtos; nos anos 90, elas tinham menos tempo para cuidar dos novos produtos e por isso apontavam e atiravam com rapidez; nos anos 2000, as empresas atiram sem apontar e depois vão ver o que podem aprender com suas novidades. Hoje, os movimentos têm de ser rápidos e ágeis.

Com isso Kotler (2001) também considera que os relacionamentos entre as empresas e seus fornecedores serão afetados, forçando-os a buscar a criação de valor junto aos seus clientes. “Serão consultores e irão ajudar os clientes a administrar melhor as empresas que dirigem” (KOTLER, 1997).

2.2 Desenvolvimento de Fornecedores como Vantagem Competitiva

Conforme Baily *et al.* (2000), uma visão simplista da atividade de compras é o mero ato de comprar, conhecida como uma visão transacional. Essa idéia não é obsoleta. Porém, em anos recentes, maior atenção tem sido dedicada ao desenvolvimento de relacionamentos “mútuos” entre fornecedores e compradores, em que os benefícios de fazer negócios decorrem de idéias de compartilhamento, bem como de troca.

Os mercados vêm assumindo características importantes. Uma delas é que concorrer apenas em função de qualidade e preço já não garante a sustentação de uma vantagem competitiva significativa. Os fornecedores estão passando a ter um valor intrínseco e importância estratégica. Com isso, o relacionamento fornecedor-cliente é o fiel da balança dentro da cadeia de suprimento.

Fleury (2001) afirma que o fornecedor tem um papel estratégico para o sucesso da empresa ao longo do tempo. O grau de relacionamento entre cliente e fornecedor pode diferenciar uma cadeia de suprimentos da outra.

As empresas estão cada vez mais dependentes de seus fornecedores e as razões para isso são: ênfase crescente nas competências centrais, necessidade cada vez maior de flexibilidade e desejo de redução de risco associado ao desenvolvimento de novos produtos (DAVIS *et al.*, 2001). Os mesmos autores acrescentam ainda que, por esses motivos, os fornecedores assumem um papel de parceiros, participando das decisões estratégicas da empresa-cliente.

Através de parcerias contínuas, as organizações conseguem negociar volumes de pedidos, fracionando o fornecimento em menores quantidades, reduzindo seus estoques, pois a matéria-prima e os materiais são entregues em lotes menores, conforme a necessidade da organização.

Para Bowersox (2001, p. 90), a premissa básica da gerência de relacionamentos é que a cooperação entre os participantes envolvidos resulta em sinergia, que propicia maior nível de desempenho conjunto. Através da integração com os fornecedores, alguns benefícios podem ser observados, como exemplifica Ching (1999, p. 98):

- Parceiros mais fortes e para todo o negócio;
- Foco comum na qualidade;
- Confiabilidade de entregas mais estáveis e repetitivas;
- Baixos níveis de estoque;
- Menos burocracia;
- Melhor controle do processo;
- Dependência mútua e congruência de objetivos;
- Custos da cadeia logística reduzidos.

Em busca de vantagens, tanto para a fábrica quanto para o fornecedor, a parceria entre ambos deve ser baseada na confiança mútua, na abertura e nos riscos e recompensas compartilhadas, que proporcionam vantagem competitiva estratégica, resultando em um desempenho melhor do que seria possível individualmente. Na logística integrada, a parceria com os fornecedores é vital para que ocorra um bom nível de serviços. Porém, mesmo identificado que as parcerias entre fornecedor e fábrica são benéficas para ambos, estas não são fáceis de serem desenvolvidas e mantidas, pois podem ser tratadas com desconfiança entre ambas as partes.

Iman (2000) ressalta algumas limitações para desenvolver estreitos relacionamentos com os fornecedores, que incluem variação da estrutura de tamanho das empresas, culturas e percepções diferentes, o uso do poder por parte de um fornecedor importante que não é reduzido simplesmente porque há um relacionamento mais próximo, incompatibilidade de sistemas, entre outros. Todos esses aspectos dificultam, em muitos casos, o bom relacionamento entre empresa-fornecedor.

Para que uma parceria possa ser criada e mantida com sucesso, os parceiros devem estabelecer requisitos que beneficiem ambas as partes. Esses requisitos, por sua vez, dependerão de cada grupo de fornecedores. A empresa deve adotar diferentes

estratégias no relacionamento com cada grupo de fornecedores, pois cada qual possui características próprias como: cultura, organização, porte, estrutura, entre outros. Essa postura deve ser adotada desde a seleção das fontes de suprimentos.

2.2.1 Seleção de Fontes de Suprimentos

O aumento da competitividade força as empresas a escolherem fontes de suprimentos que agreguem valor em custo, qualidade e tempo. Conforme Arnold (1999), o objetivo da função de compras é conseguir tudo ao mesmo tempo: qualidade, quantidade, prazo de entrega e preço. Portanto, tendo que buscar, através da seleção de fontes de suprimento, as fontes que tragam vantagens competitivas a esses objetivos. Assim, a seleção de fontes é primordial para que, segundo Juran (1992), os produtos satisfaçam as necessidades de adequação ao uso com o mínimo de inspeção de recebimento e ação corretiva.

As fontes de suprimentos devem ser escolhidas após todos os fatores relevantes à empresa terem sido considerados e ponderados em relação a seus riscos e oportunidades. Nem todas as decisões sobre a fonte de suprimentos justificarão o mesmo nível de atenção, mas as grandes compras sempre compensarão uma tomada de decisão cuidadosa (BAILY *et al.*, 2000).

Para Davis *et al.* (2001), as empresas estão tendo que buscar fornecedores em todo o mundo. Como resultado, a logística e os custos associados com o transporte de mercadorias sobre grandes distâncias, tornaram-se um fator importante na seleção das fontes. Entretanto, enquanto a utilização de fornecedores internacionais causou um aumento da cadeia de suprimentos, em muitos casos, existe uma tendência em direção a desintermediação, a qual elimina muitos dos estágios intermediários na cadeia de suprimentos global.

Segundo Iman (2000), ao selecionar um fornecedor, é necessário que alguns aspectos sejam observados, tais como:

- Reduzir ou não a base de fornecedores ao menor tamanho possível;
- Desenvolver ou não parcerias a longo prazo;
- Ser ou não o fornecedor um produtor de baixo custo;
- Importância ou não da confiabilidade e cooperação;
- Importância ou não do custo do transporte.

As fontes de fornecimento podem ser classificadas em fonte única, fonte múltipla e fonte simples (IMAN, 2000). A **fonte única** é quando apenas um fornecedor está disponível para o abastecimento do item. Nesses casos, a empresa fica vulnerável, pois não há outras opções de fornecedor a procurar. A **fonte múltipla** contempla a utilização de mais de um fornecedor para o abastecimento de um item. Essa competição gerará menores preços em alguns casos, pois em outros a empresa deverá esconder a existência de mais fornecedores, por uma questão estratégica. Outro benefício é o serviço de melhor qualidade e a continuidade no fornecimento. A **fonte simples** é uma decisão planejada no sentido de selecionar apenas um fornecedor para o abastecimento do item, mesmo existindo outras fontes.

É custoso para a empresa desenvolver novos fornecedores, pois isso envolve custos de avaliação, negociação, contatos, programas de classificação e desenvolvimento (IMAN, 2000). Entretanto, desenvolver fornecedores de forma eficaz reduz o risco de custos futuros e problemas de ressuprimentos.

Em conclusão, Arnold (1999, p. 218) define: “um bom fornecedor é aquele que tem a tecnologia para fabricar o produto na quantidade exigida, tem a capacidade de produzir as quantidades necessárias e pode administrar seu negócio”. Para que as organizações otimizem tempo, qualidade e custo, é necessário escolher e desenvolver fontes que venham ser futuros parceiros.

2.2.2 Fatores que influenciam na seleção das fontes

Muitos fatores podem influenciar na escolha dos fornecedores e devem ser analisados previamente. Uma má escolha pode acarretar uma má prestação de serviços no abastecimento, que poderá ocasionar perda de produção, má qualidade do produto, além de altos custos e perda de tempo.

Considerando isso, a tabela 3 apresenta os fatores que influenciam a seleção de um fornecedor segundo Arnold (1999, p. 218).

Tabela 3 - Fatores de seleção de um fornecedor

Fatores de Seleção	Descrição
<i>Habilidade técnica</i>	O fornecedor terá condições de produzir ou fornecer o produto desejado; terá um programa de melhoria ou desenvolvimento para o produto; o comprador poderá depender dessas requisições no futuro e, portanto, é necessário saber se o fornecedor terá condições de atendê-las.
<i>Capacidade de produção</i>	A produção deve ser capaz de satisfazer às especificações do produto e, ao mesmo tempo, produzir com o menor número de defeitos. A produção deve oferecer qualidade e quantidade exigida.
<i>Confiabilidade</i>	Deve-se selecionar fornecedores confiáveis, reputado e financeiramente sólido. Para que haja eficácia na relação, deve haver confiança mútua.
<i>Serviço de pós-venda</i>	O fornecedor deve ter um serviço de pós-venda confiável e estoque sobressalente, pois a empresa poderá necessitar de reposição de itens ou apoio técnico.
<i>Localização do fornecedor</i>	É preferível que o fornecedor esteja próximo ao comprador ou que, pelo menos, tenha um estoque localizado perto deste. Uma localização próxima auxilia na redução dos tempos de entrega e significa que os produtos em falta podem ser entregues rapidamente.
<i>Preço</i>	Esse é um fator considerável na hora da escolha por um fornecedor. Este deve ser capaz de oferecer preços competitivos, o que não significa o menor preço. Esse aspecto considera a capacidade do fornecedor em fornecer mercadorias necessárias na quantidade e qualidade exigidas, no tempo desejado, e também quaisquer outros serviços necessários.

Fonte: Arnold (1999)

Baily *et al.* (2000) ressaltam que o forte senso e atitude comercial, a boa reputação no mercado de suprimentos em que o comprador opera, a boa base financeira, a capacidade técnica adequada, instalações modernas e orientação para qualidade total são importantes no momento da escolha por um determinado fornecedor.

Os critérios e fatores que justificam a escolha de um determinado fornecedor devem ser amplamente estudados pela organização. Os compradores devem ter consciência e habilidade na hora da avaliação, pois é custoso, em relação ao tempo, desenvolver novas fontes de suprimentos.

2.2.3 Avaliação de fornecedores

A avaliação dos serviços prestados por terceiros, como prestadores de serviços transporte, despachantes, armazéns, entre outros, e, principalmente, fornecedores de insumos, é essencial para avaliar os pontos críticos e custos do processo, oferecendo melhorias e amenizando os erros.

As fontes atuais podem ser analisadas usando-se sistemas de avaliação de fornecedores baseados em informações históricas. As fontes potenciais têm que ser julgadas. As questões relacionadas à estabilidade financeira, à estrutura administrativa e aos compromissos de reserva de pedidos, estão entre os critérios a serem incluídos em um levantamento da situação do fornecedor (BAILY *et al.*, 2000).

Conforme Iman (2000), para mensurar e avaliar o fornecedor, a empresa deve questionar-se a respeito de alguns pontos, tais como: se estão sendo cumpridas as qualidades esperadas, verificar o desempenho do fornecedor, revisar os resultados e, ao fim, atuar sobre os resultados. Segundo Baily *et al.* (2000, p. 131), os aspectos a serem avaliados nos fornecedores são desempenho, reputação, visita e avaliação, certificação de terceiros e avaliação de produtos. Estes aspectos podem ser vistos na tabela 4.

É ideal que as empresas tenham um programa de avaliação para os níveis de serviços que lhe estão sendo fornecidos. Através dessa avaliação, é possível estabelecer um controle nos pontos críticos, ou seja, nos gargalos do processo e de fornecimento. Quanto mais cedo se detectar os gargalos, mais cedo será tomada uma ação corretiva amenizando o tempo gasto e os custos envolvidos.

Tabela 4 - Fatores de Avaliação de Fornecedores

Fatores de Avaliação	Descrição
<i>Desempenho</i>	Os fornecedores são analisados conforme: a entrega, o desempenho, o serviço, o preço e outros assuntos considerados relevantes, que podem ser resumidos e combinados em uma classificação de fornecedores;
<i>Reputação</i>	Baseada no desempenho real e não na propaganda ou em outras formas de divulgação
<i>Visita e avaliação</i>	Visita técnica ao fornecedor para avaliar sua capacidade de qualidade
<i>Certificação de terceiros</i>	Expressão utilizada para as visitas e avaliações feitas por uma instituição ou organização independente
<i>Avaliação de produtos</i>	É o estágio final do processo; é a entrega de bens satisfatórios pelo fornecedor e sua aceitação pelo cliente.

Fonte: Baily *et al* (2000)

A seleção e a avaliação de fornecedores são os indicadores chaves para uma empresa identificar oportunidades de melhoria de sua cadeia de fornecedores, pois são os seus componentes ou conjuntos fornecidos que compõem o produto final. A importância do adequado desenvolvimento de fornecedores está diretamente relacionada com a sua satisfação dos clientes, pois estes não associam a má qualidade aos fornecedores, mas sim diretamente a marca do produto final.

Para atender a essa necessidade, é necessária a utilização de metodologias que solucionem os problemas da cadeia de fornecimento e, o Seis Sigma, é a metodologia escolhida no desenvolvimento desse trabalho. A quantificação da cadeia de fornecimento através dos indicadores chaves são fatores que identificam as oportunidades de melhoria de qualidade e, conseqüentemente, identificam potenciais projetos de Seis Sigma para o desenvolvimento de fornecedores.

2.3 Metodologia Seis Sigma

Segundo Pande *et al.* (2000), o Seis Sigma é um dos elementos do processo de Qualidade Total. O uso do Seis Sigma é uma maneira sistemática e quantitativa de medir os esforços de Qualidade Total e, efetivamente, comunicar o progresso para clientes, funcionários, fornecedores e acionistas, pois mede o desempenho em termos absolutos, e não relativos, comparando-se com a concorrência. Embora as ferramentas estatísticas usadas não sejam novas, a abordagem Seis Sigma acrescenta considerável valor a elas, permitindo um gerenciamento baseado em dados e não apenas em sentimentos ou intuição. As métricas e ferramentas são uniformizadas por toda a organização, desenvolvendo uma linguagem padrão.

A abordagem da qualidade, denominada Seis Sigma, tem atraído a atenção de muitas organizações devido a sua forma sistemática de alcançar a diminuição da variabilidade e dos desperdícios nos processos, utilizando-se de métodos estatísticos e da qualidade (PANDE *et al.*, 2000).

Ainda segundo Pande *et al.* (2000), o Seis Sigma pode também ser considerado um negócio, possibilitando que as empresas aumentem drasticamente os seus lucros através de uma reestruturação das operações, aumento da qualidade e eliminação de defeitos ou erros em qualquer área de *performance* do negócio. Enquanto os programas de qualidade tradicionais se concentram na detecção e correção de erros, o sistema Seis Sigma fornece métodos específicos para recriar o próprio processo, buscando ações corretivas e preventivas para reduzir a possibilidade de erros.

Quanto maior o nível sigma (número de desvios), menor será a possibilidade de defeitos em um processo, produto ou serviço. O nível sigma representa o número de desvios da amplitude total em torno da média (μ). Considera-se ($\mu+1,5\sigma$) como a medida central. Como por exemplo, os aviões têm um nível de qualidade superior a Seis Sigma, espera-se menos de 0,5 falha por milhão de oportunidades. Entretanto, operações com bagagens de passageiros têm um nível entre 35.000 e 50.000 extravios por milhão, ou 3,5 a 4 sigma.

Esse valor, aliás, é típico das operações de serviço como, por exemplo, o cálculo de contas em restaurantes, a efetivação de transações bancárias e o preenchimento de receitas médicas. Quando produtos e serviços são produzidos com nível Seis Sigma, espera-se a probabilidade de 99,999997 por cento de que eles não falharão, o que certamente se refletirá no resultado financeiro da organização. A tabela 5 demonstra os benefícios de se alcançar "níveis sigma" mais altos (CORONADO ; ANTONY, 2002).

Tabela 5 - Benefícios obtidos ao alcançar "níveis sigma" mais altos

Nível sigma	Defeitos por milhão	Custo da qualidade
2	308.537 (<i>empresas não-competitivas</i>)	Não se aplica
3	66.807	25 a 40% das vendas
4	6.210 (<i>média da indústria</i>)	15 a 25% das vendas
5	233	5 a 15% das vendas
6	3,4 (<i>empresas "classe mundial"</i>)	< 1% das vendas

Cada variação no "nível sigma" acarreta uma melhora de 10% na receita líquida.

Fonte: Coronado ; Antony (2002)

O Seis Sigma iniciou na Motorola na década de 80. Nessa época, segundo Marash (2000), a abordagem foi apresentada como uma filosofia que opera segundo os princípios da Gestão pela Qualidade Total, acoplada a intensa utilização de métodos estatísticos e ferramentas da qualidade. Em 1988 a Motorola recebeu o Prêmio Malcom Baldrige e, em

termos financeiros, economizou US\$ 2,2 bilhões reduzindo os custos de desperdícios e retrabalhos. Esses dois ganhos, segundo Coronado e Antony (2002), a Motorola atribui ao sucesso da implantação do Seis Sigma. Ainda segundo Coronado e Antony (2002), a General Electric foi outra companhia que implantou o Seis Sigma e obteve sucesso, pois em 1999 os benefícios alcançados chegaram a US\$ 2 bilhões. Outras companhias como a AlliedSignal, Citibank, Sony, Ford, Nokia, Texas instrumentos, Cannon, American Express, Hitachi, Toshiba, Lockheed Martin, Polaroid, DuPont, entre outras, também tiveram sucesso com a implementação do Seis Sigma (ECKES, 2000), esperando atingir ainda uma posição mais forte nos mercados. A figura 3 ilustra as empresas que utilizam a metodologia Seis Sigma em comparação com o período de sua implementação.

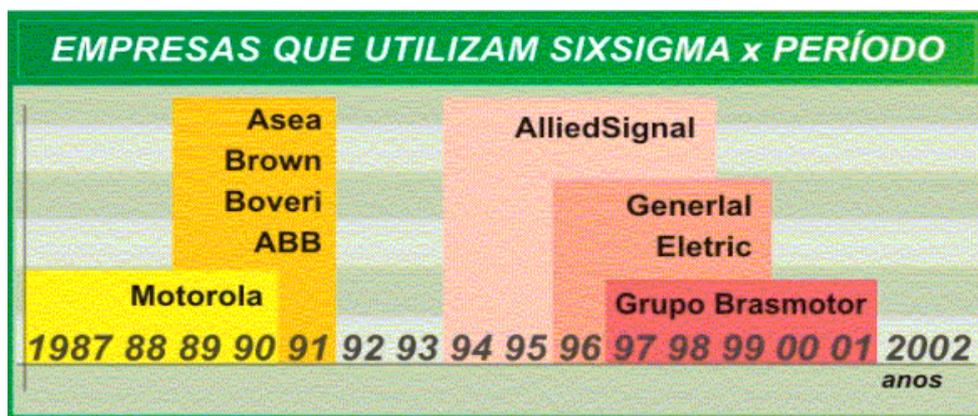


Figura 3 - Empresas que utilizam o Seis Sigma *versus* período de implementação

[Fonte: Werkema (2002)]

2.3.1 Benefícios do Seis Sigma

Segundo Bayle *et al.* (2001), o objetivo do nível de *performance* Seis Sigma é minimizar custos, através da redução ou eliminação de atividades que não agregam valor ao processo e da maximização da qualidade para obter um lucro em níveis ótimos. Implementar o Seis Sigma em uma organização cria uma cultura interna de indivíduos educados em uma metodologia padronizada de caracterização, otimização e controle de processos. Por que processos? Porque a atividade repetitiva envolvida no fornecimento de um serviço ou na confecção de um produto constitui um processo (Bayle *et al.*, 2001).

Por que otimizar e melhorar os processos? Para que os processos sejam simplificados, reduzindo o número de passos e tornando-os mais rápidos e eficientes. Ao mesmo tempo, esses processos são otimizados para que não gerem defeitos e não apresentem oportunidades de erros (BAYLE *et al.*, 2001).

Por que buscar a eliminação de defeitos, falhas ou erros? Por dois motivos: Primeiro, porque eles tornam os produtos e serviços mais caros. E quanto mais caros eles forem, menos provável será a possibilidade ou vontade de as pessoas comprá-los. Segundo, porque defeitos, erros e falhas desapontam os clientes, e clientes insatisfeitos devolvem os produtos ou não compram mais serviços. Quanto maior o número de clientes insatisfeitos com produtos e serviços, maior a tendência de se perder espaço no mercado. Ao se perder parte do mercado, perde-se também parte da receita bruta. Se a receita bruta diminui, a organização não consegue mais contratar ou manter seus funcionários. Sem funcionários e receita, a organização não consegue mais se manter no mercado (BAYLE *et al.*, 2001).

2.3.2 Processos de aplicação do seis sigma

Na opinião de Pande *et al.* (2000), o Seis Sigma é aplicável a processos técnicos e não-técnicos. Um processo de fabricação é visto como técnico. Nesse processo, temos entradas como: peças, montagens, submontagens, produtos, matérias-primas, que fisicamente fluem através do processo. Outras entradas são temperatura, umidade, velocidade, pressão, etc. Existem inúmeras variáveis de entrada que afetam um processo. Um processo também envolve equipamentos, calibradores, máquinas e ferramentas – entre outras coisas – que produzem a transformação da entrada em uma saída. Finalmente, a saída é normalmente um produto final, uma montagem ou uma submontagem. Em um processo técnico, o fluxo do produto é muito visível e tangível. Existem muitas oportunidades para a coleta de dados e medições e, em muitas instâncias, dados variáveis.

Por outro lado, um processo não-técnico é mais difícil de ser visualizado. Processos não-técnicos são processos administrativos, de serviços ou de transações. Nesses processos, as entradas podem não ser tangíveis, as saídas podem não ser

tangíveis. Mas estes são certamente processos e, tratá-los como sistemas, nos permite entendê-los melhor e determinar suas características, otimizá-los, controlá-los e, assim, eliminar a possibilidade de erros e falhas. Gerar um orçamento é um processo administrativo; vender um produto por telefone é um processo de serviço; assim como fazer um financiamento imobiliário é um processo de transação (PANDE *et al.*, 2000).

2.3.3 Organização Seis sigma

Para implantar e desenvolver projetos Seis Sigma, é importante formar especialistas na área através de treinamentos técnicos apropriados. Esses profissionais serão responsáveis pela promoção da mudança nas organizações. A estrutura do Seis Sigma pode ser visto na figura 4 e é composto pelo *Sponsor*, *Sponsor Facilitador*, *Champions*, *Master Black Belts*, *Black Belts*, *Green Belts* e *White Belts*.

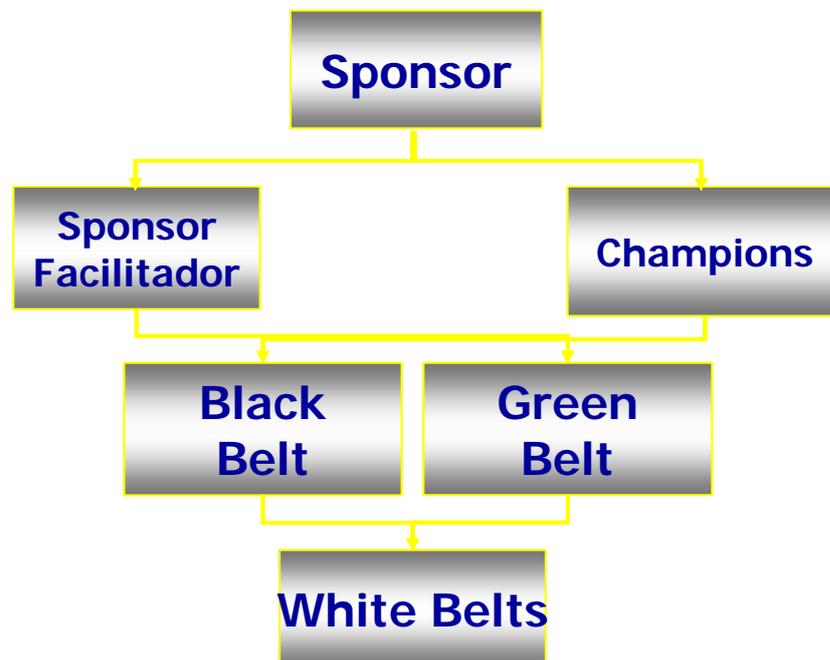


Figura 4 – Organização Seis Sigma

Fonte: Werkema (2002)

O *Sponsor* é o número um da empresa, responsável por promover e definir as diretrizes para a implementação do Seis Sigma. O *Sponsor Facilitador* é um dos diretores da empresa e tem a responsabilidade de assessorar o *Sponsor* (WERKEMA, 2002).

Os *Champions* são os gestores, líderes dos negócios que *Definem* a direção que a estratégia Seis Sigma irá tomar e tem como responsabilidade apoiar os projetos, eliminando possíveis barreiras e facilitando o trabalho dos *Master Black Belts* e *Black Belts* (ECKES, 2000).

Os *Master Black Belts* são os profissionais que tem liderança qualificada, especialistas em métodos quantitativos (estatísticos e de qualidade) e atuam em tempo integral, orientando os *Black Belts* e assessorando os *Champions* (ECKES, 2000).

Os *Black Belts* lideram equipes na condução dos projetos Seis Sigma, atuando como agentes de mudança alcançando maior visibilidade na estrutura do programa (ECKES, 2000).

Os *Green Belts* são profissionais que participam das equipes lideradas pelos *Black Belts* na condução dos projetos Seis Sigma (ECKES, 2000). Os *White Belts* são profissionais de nível operacional, treinados nos fundamentos da metodologia para que possam dar suporte aos *Black Belts* e *Green Belts* (WERKEMA, 2002).

2.3.4 Fatores Críticos de Sucesso

Os fatores críticos de sucesso, que devem existir para dar o suporte necessário a um processo de implantação do Seis Sigma proposto por Coronado e Antony (2002), são descritos a seguir:

a) Comprometimento da alta administração

As pessoas do nível mais alto da organização devem ser os direcionadores do Seis Sigma. Segundo Coronado e Antony (2002), nos casos de sucesso, como a Motorola, General Eletric (GE), e Allied Signal, os presidentes foram os maiores responsáveis pelo sucesso do Seis Sigma, isto porque, os presidentes estavam largamente envolvidos e

participantes com as iniciativas Seis Sigma da organização.

Marash (2000), destaca que a abordagem do Seis Sigma deve possuir forte liderança, compromisso organizacional com recursos suficientemente alocados, sendo que o foco não deve estar sobre pontos específicos da organização, mas sim sobre toda organização.

Segundo Pande *et al.* (2000), Jack Welch, presidente da GE, capacitou fortemente a reestruturação dos negócios da organização e mudou a atitude dos empregados para a abordagem Seis Sigma. Ainda segundo Pande *et al.* (2000), Jack Welch atuou ativamente no processo de implantação, participando e revisando as apresentações semanais e mensais do Seis Sigma, monitorando o progresso dos projetos semanalmente por relatórios, fazendo visitas locais às operações industriais, para observar o grau de enraizamento do Seis Sigma na cultura dos funcionários. Os autores ainda destacam que Welch apresentava, pessoalmente ou por relatórios anuais, o progresso do Seis Sigma na GE a todos os acionistas.

b) Mudança cultural

A organização, ao implantar o Seis Sigma como estratégia, passa por transformações culturais, promovendo a redefinição de funções e tarefas que afetam a estrutura da mesma, sendo que o sucesso da implantação do Seis Sigma depende de sua integração às iniciativas corporativas já existentes (ECKES, 2000).

Assim como a Gestão pela Qualidade Total, a abordagem Seis Sigma demanda um grau de sofisticação em termos culturais da organização, pois a organização deve ser: amadurecida para mudanças; utilizar times multifuncionais nas atividades e possuir seus processos principais identificados e com um certo controle (MARASH, 2000). Marash (2000) destaca ainda que o programa Seis Sigma não pode ser tratado como uma atividade separada do restante da organização.

Para Eckes (2000), o Seis Sigma deve crescer em um ambiente aberto e seguro onde os defeitos devem ser vistos como oportunidades de melhoria, e não puramente como descuido dos funcionários. O mesmo autor afirma que as mudanças dentro das organizações, muitas vezes vão contra fortes valores defendidos, ao longo de anos, por alguns membros da organização, quer dizer, transformar uma cultura antiga, baseada

unicamente em experiência em uma cultura auxiliada pesadamente por fatos e dados. Outro ponto importante na mudança cultural é a comunicação. Esta tem um papel importante sobre a organização, pois através dela, pode-se reduzir a resistência à mudança, além de ser um fator motivador para todas as pessoas da organização (ECKES, 2000).

Para Coronado e Antony (2002) deve-se estabelecer um programa de comunicação capaz de descrever o que deveria ser comunicado, por quem e com que frequência. A comunicação ajuda a organização a propagar suas estratégias de negócio, exigências dos clientes e os times de trabalho. Os autores defendem que após a implantação dos projetos Seis Sigma, é melhor publicar os resultados, retratando tanto as histórias de sucesso, como também os retrocessos.

c) Infra estrutura da organização

Para implementar o Seis Sigma dentro de qualquer organização, algumas características organizacionais são necessárias ao local. Por exemplo, Coronado e Antony (2002) propõem que é altamente desejável que a organização possua certa facilidade para a comunicação, foco e estratégia a longo prazo e times de trabalho. Além disso, a organização deverão prover de recursos e investimentos para promover o Seis Sigma.

O foco e estratégia, em longo prazo, exigem das organizações que decidiram adotar o Seis Sigma um conhecimento adequado da metodologia, pois para perceber seus benefícios eles precisam ser pacientes. Segundo Marash (2000), os benefícios devem ser focados em longo prazo. Isto pode diminuir a motivação das pessoas, porém, segundo Coronado e Antony (2002), para manter as pessoas interessadas no Seis Sigma, pequenos e rápidos ganhos podem ser alcançados em curto tempo, focando-se pequenos projetos, os projetos mais ambiciosos requerem mais tempo e recursos.

O time de trabalho é um elemento fundamental dentro do Seis Sigma. O valor dos times de trabalhos multifuncionais lançam uma sensação de propriedade, melhor comunicação e proporcionam uma visão global da organização (CORONADO ; ANTONY, 2002).

d) Treinamento

O treinamento para Coronado e Antony (2002), é tido como um dos elementos principais da abordagem Seis Sigma. Eles afirmam que o treinamento deve ser efetuado ao longo da empresa iniciando com a alta administração. E, posteriormente, deverá ser realizado para todos os colaboradores.

O treinamento deve ser estendido a toda organização, sendo que os operários dos processos devem se familiarizar com a metodologia do Seis Sigma, isto porque eles são os principais contribuintes da qualidade nos produtos e serviços e também conhecem melhor que qualquer pessoa o processo deles (CORONADO ; ANTONY, 2002). Os agentes de mudanças são pessoas, que podem ser divididas em vários níveis de perícia: os *Champions*, os *Master Black Belts*, os *Black Belts* e os *Green Belts*.

e) Estratégia do negócio

Segundo Coronado e Antony (2002), em um simples projeto Seis Sigma, o vínculo entre o projeto e a estratégia do negócio deve estar identificada, demonstrando-se isto monetariamente, com o benefício do projeto em termos financeiros e a maneira pela qual o projeto pode ajudar a estratégia do negócio. Destaca-se também que, segundo Marash (2000), o foco do Seis Sigma não deve estar sobre pontos específicos da organização, sendo que os projetos devem possuir elevada priorização para o alinhamento destes projetos a estratégia do negócio.

Nota-se, que os objetivos dos projetos de melhoria do Seis Sigma devem estar alinhados estrategicamente aos objetivos da organização, visando a melhoria dos processos e produtos que tenham um impacto direto nos objetivos operacionais e financeiros da organização (MARASH, 2000).

f) Foco no cliente

A satisfação dos clientes raramente está baseada no contato com uma única pessoa ou um único aspecto de uma organização. Muitas atividades do negócio, como atendimento ao consumidor, entrega do produto ou serviço e a qualidade dos mesmos, impactam na satisfação do cliente. Então, a satisfação do cliente é um processo de multi-

estágios ao invés de um processo único (MARASH, 2000).

O Sigma mais alto em certos atributos de um produto não traduz necessariamente em satisfação maior dos clientes, pois nem toda característica de um produto agrega valor. Tal análise deve ser usada no desenvolvimento de uma estratégia por melhorias enfocadas, conforme a necessidade dos clientes (MARASH,2000).

De acordo com Pande *et al.* (2000), os projetos devem começar com a determinação de exigências de cliente, sendo estes requisitos essenciais para seleção dos objetivos do projeto na redução do vazio entre as expectativas da organização e o desempenho atual, especialmente em termos de tempo de entrega, confiabilidade e satisfação de cliente. A compreensão de mercados, operações, medidas e criatividade utilizadas para maximizar o valor e o desempenho, são os elementos principais da abordagem Seis Sigma.

g) Fornecedores

Segundo Pande *et al.* (2000), a decisão de abastecer cada produto ou serviço a partir de poucos fornecedores ou de muitos deles, traz vantagens e desvantagens. A opção por muitos fornecedores, que é a abordagem tradicional, pode parecer vantajosa em curto prazo, pois o comprador pode forçar o preço para baixo através da competição dos fornecedores e ainda, pode mudar de fornecedor caso ocorram falhas no fornecimento. Porém, existem algumas dificuldades, como encorajar o comprometimento do fornecedor, maior dificuldade em desenvolver sistemas de garantia da qualidade eficazes e a promoção de uma maior dificuldade em obter economias de escalas para o consumidor. Já a opção por poucos fornecedores, proporciona ao consumidor uma qualidade potencialmente melhor devido a maiores possibilidades de sistemas de garantia da qualidade, cooperação mais fácil no desenvolvimento de novos produtos e serviços e maiores economias em escala, sendo que as desvantagens são a maior vulnerabilidade a problemas caso ocorram falhas no fornecimento e que o fornecedor pode sofrer com as flutuações no volume da demanda.

A abordagem tradicional é ter diferentes fornecedores para manter os custos reduzidos, porém sob o Seis Sigma, um modo para reduzir variabilidade é ter poucos fornecedores com níveis de desempenho Seis Sigma (PANDE *et al.*, 2000).

h) Ferramentas e técnicas

Para Bayle *et al.* (2001), o Seis Sigma faz uso de uma grande variedade de ferramentas estatísticas e da qualidade que devem estar adequadas ao tipo de processo ou produto, devendo-se avaliar de forma apropriada quais ferramentas utilizar para cada caso. A escolha das melhores técnicas varia de organização para organização. Não há nenhuma metodologia padrão e organização que seja capaz de escolher a mais apropriada das técnicas para ela (PANDE *et al.*, 2000).

É destacado ainda por Bayle *et al.* (2001), que o Seis Sigma só é sustentável quando existe uma consciência de que os métodos estatísticos são tão úteis tanto quanto a teoria de engenharia e o conhecimento do processo e do produto. Além disso, segundo Coronado e Antony (2002), existem duas metodologias distintas:

- A metodologia de resolução de problemas DMAIC (onde D é *Define* - definir, M representa *Measure* - medir, A representa *analyse* - analisar, I significa *Improve* - melhorar e C representa *control* - controlar;
- A metodologia preventiva conhecida como Projetando Para o Seis Sigma - *Design For Six Sigma* (DFSS) consiste em quatro fases: identificar, projetar, aperfeiçoar e validar.

Neste trabalho, somente é abordado o desenvolvimento de um projeto aplicado em um fornecedor através da metodologia DMAIC.

2.3.5 A metodologia DMAIC

Conforme Coronado e Antony (2002), Seis Sigma segue um caminho lógico, utilizando o método chamado DMAIC (sigla das iniciais das palavras Definir, Medir, Analisar, Aprimorar e Controlar em inglês), consistindo das etapas descritas a seguir.

A primeira etapa é Definir (*Define*), onde são analisados os requisitos do cliente e as necessidades do negócio, para a identificação dos processos críticos que definirão a escolha dos projetos que serão desenvolvidos.

A segunda etapa é Medir (*Measure*). Essa é a etapa em que são aplicadas as ferramentas estatísticas que medem o desempenho dos processos, permitindo a

visualização do estado atual dos mesmos, para a definição das metas de aprimoramento. Esta etapa é fundamental para que, no futuro, seja possível avaliar se os projetos de aprimoramento tiveram sucesso.

A terceira etapa é Analisar (*Analyze*), onde são aplicadas as ferramentas estatísticas que permitem descobrir a causa-raiz dos problemas apresentados. Esta etapa é essencial, na medida que direciona as ações para a origem dos problemas, permitindo a atuação nas causas e, não, nas suas conseqüências.

A quarta etapa é Melhorar (*Improve*). Essa é a fase em que são aplicadas as ferramentas estatísticas que permitem aprimorar o processo, onde ocorre o aperfeiçoamento dos processos, eliminando os erros ou desenvolvendo novas soluções.

Por fim, a última etapa é Controlar (*Control*), onde são aplicadas ferramentas estatísticas, possibilitando que os aprimoramentos obtidos sejam mantidos na organização e se transformem em novos padrões de operação e desempenho.

A implantação de Seis Sigma é executada por uma equipe de especialistas nos processos, capacitados a pensar, a fim de encontrarem a solução para a verdadeira causa dos problemas. Esta equipe de especialistas atua como agente de mudança na organização, aplicando e disseminando o uso das ferramentas estatísticas e da qualidade no aprimoramento dos projetos.

2.3.6 As Ferramentas do Seis Sigma

Embora cada metodologia indique o caminho a ser percorrido na resolução de problemas, estas por si só, não os resolvem. Existe a necessidade então do emprego de ferramentas (técnicas) adequadas em cada etapa do processo de melhoria. São muitas as ferramentas existentes, porém cada uma com uma determinada finalidade. Nas sub seções seguintes, um resumo das principais ferramentas serão apresentadas, bem como, o fim a que se destinam. .

2.3.6.1 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto (DOTY, 1996) é uma forma especial do gráfico de barras verticais que nos permite determinar quais problemas resolver e qual a prioridade. Elaborado com base em uma folha de verificação ou em uma outra fonte de coleta de dados, nos ajuda a dirigir nossa atenção e esforços para problemas verdadeiramente importantes. Baseia-se no Princípio de Pareto, cujas causas de maior impacto são denominadas poucas vitais; as várias causas restantes são ditas muitas triviais (ver figura 5).

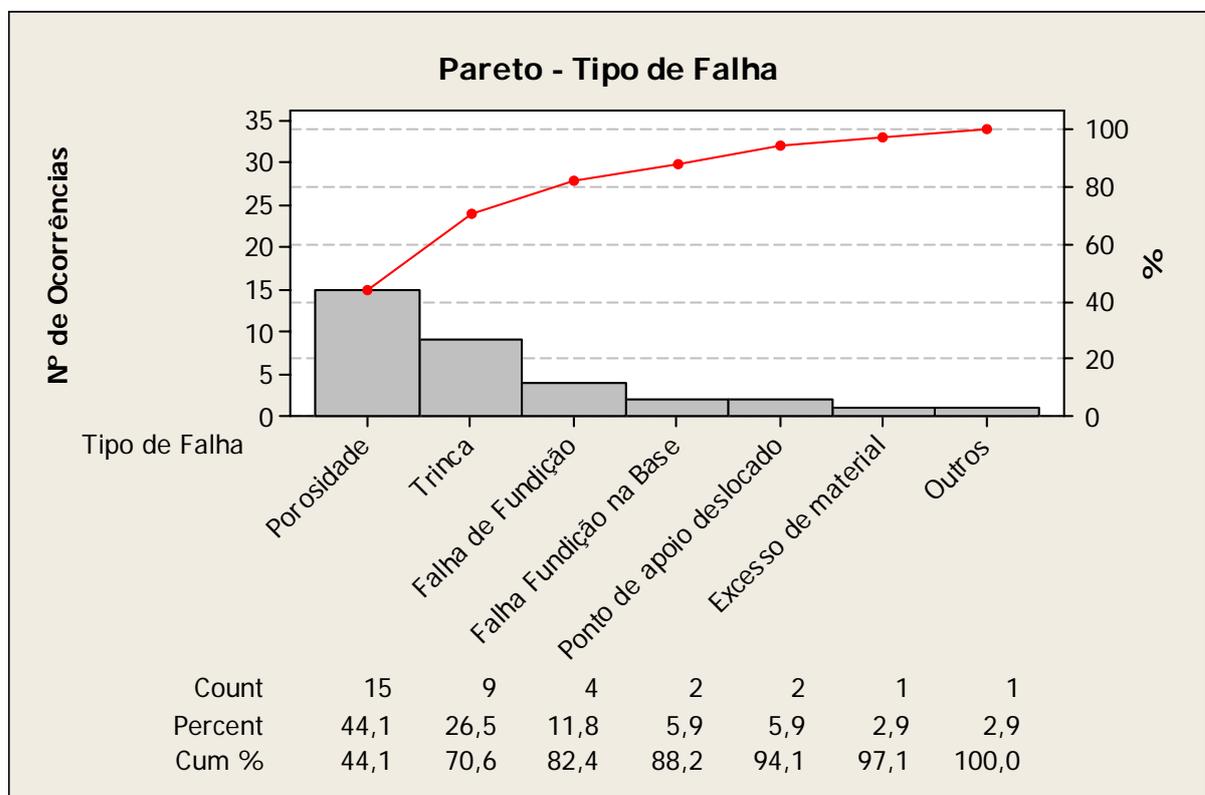


Figura 5 - Diagrama de Pareto relacionando tipo de defeito de um componente

[Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o Minitab®]

2.3.6.2 Diagrama de Causa e Efeito

O diagrama de causa e efeito, também conhecido como diagrama de Ishikawa ou diagrama de espinha de peixe (DOTY, 1996), foi desenvolvido para representar a relação entre um efeito e todas as possibilidades de causa, que podem contribuir para a ocorrência deste efeito como pode ser visto na figura 6. As causas principais podem ser agrupadas sob seis categorias conhecidas como os 6Ms: método, mão-de-obra, material, máquina, medida e meio ambiente.

Cada uma dessas principais causas é agora tratada como efeitos que devem ser novamente desdobrados. Esse procedimento é continuado até a obtenção de todas as causas propriamente ditas. Quando do exame de cada causa, deve-se observar o que mudou (fatos). É importante lembrar de se eliminar a causa e não o sintoma do problema.

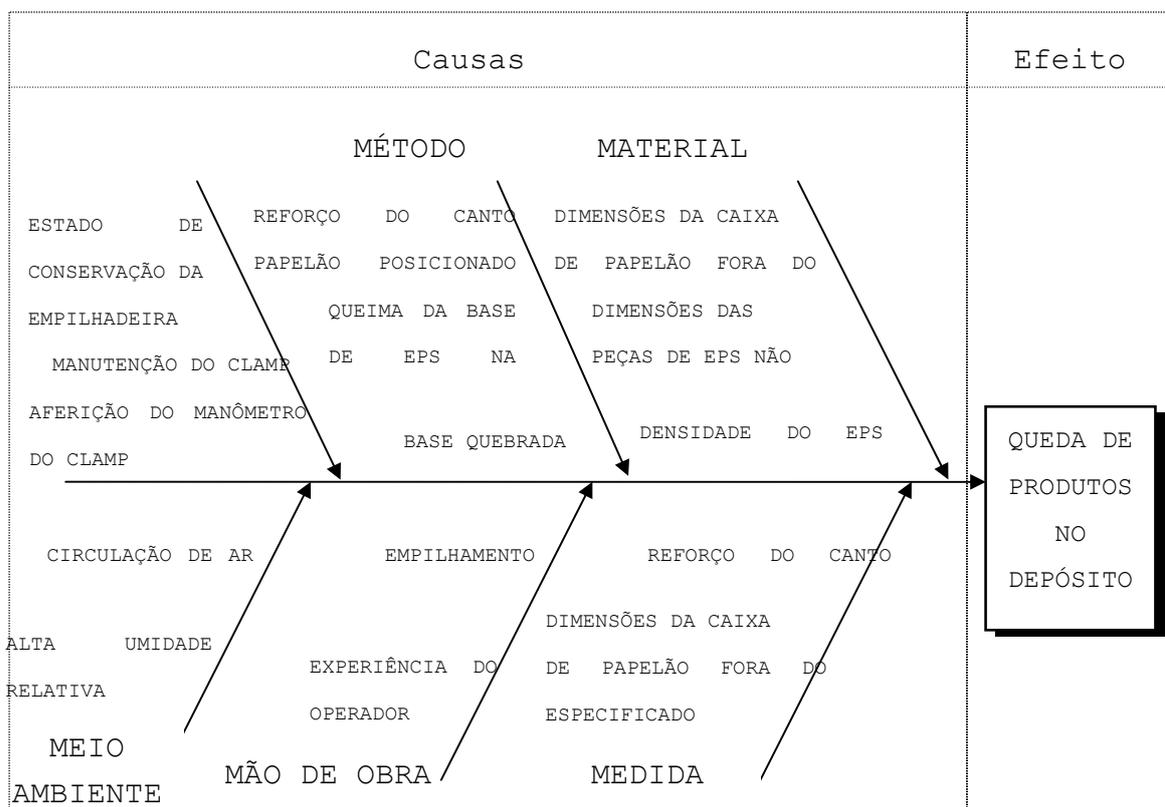


Figura 6 - Diagrama de causa e efeito

[Fonte: Doty (1996)]

2.3.6.3 Histograma

O histograma é uma forma de representação gráfica que revela quanto de variação existe em qualquer processo (DOTY, 1996). Um histograma de dados normalmente distribuídos genérico tem a forma mostrada na figura 7.

A curva mostrada na figura 7 é a curva normal, na qual a maioria das medidas concentra-se em torno da medida central. Várias amostras aleatórias de dados sob controle estatístico seguem este modelo. Outras formas ocorrem, com um acúmulo de dados em pontos afastados da medida central. Tais distribuições são chamadas inclinadas, ou seja, nem sempre os processos avaliados se comportam segundo uma curva normal.

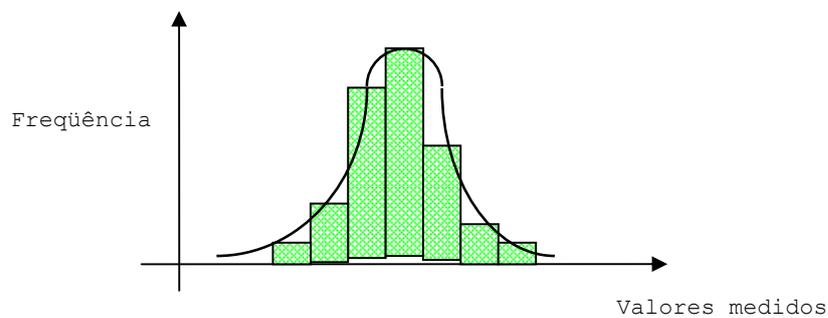


Figura 7 – Histograma genérico

[Fonte: Doty (1996)]

2.3.6.4 Gráficos de Controle

O gráfico de controle foi concebido por Walter Andrew Shewhart (1891 – 1967), com a intenção de eliminar variações anormais pela diferenciação entre variações devidas a causas assinaláveis e aquelas devidas a causas aleatórias.

Um gráfico de controle consiste em uma linha central, limites de controle superior e inferior e valores característicos marcados no gráfico representando o estado de um processo. Se todos esses valores marcados estiverem dentro dos limites de controle, sem qualquer tendência particular, o processo é considerado sob controle. Entretanto, se os

pontos incidirem fora dos limites de controle ou apresentarem uma disposição atípica; o processo é julgado fora de controle (KUME, 1993, p.98).

A qualidade de um produto fabricado por um processo está, inevitavelmente, sujeita à variação. Existem várias causas de tal variação. Elas podem ser classificadas nos dois seguintes tipos:

a) Causas aleatórias: a variação devida à causa aleatória é inevitável e, fatalmente, ocorre num processo, mesmo que a operação seja executada com o uso de matérias-primas e métodos padronizados.

b) Causas assinaláveis: a variação devida à causa assinalável significa que existem fatores relevantes a serem investigados. É evitável e não deve ser negligenciada. Existem casos gerados pelo não cumprimento de certos padrões ou pela aplicação de padrões inadequados.

Quando os pontos incidem fora dos limites de controle ou mostram uma tendência particular, diz-se que o processo está fora de controle, o que equivale a dizer que existem causas assinaláveis de variação e o processo não está sob controle. A fim de controlar um processo, devem ser eliminadas as causas assinaláveis, evitando a sua repetição. As variações devidas a causas aleatórias são admissíveis.

Existem dois tipos de gráficos de controle: um para variável contínua e outro para variável discreta. Os tipos de gráficos existentes podem ser vistos na tabela 6.

Tabela 6 - Tipos de gráfico de controle

Variável contínua	Gráfico \bar{x} - R (média e amplitude) Gráfico x (valor individual)
Variável discreta	Gráfico np (número de itens defeituosos) Gráfico p (fração defeituosa) Gráfico c (número de defeitos) Gráfico u (número de defeitos por unidade)

Fonte: Kume (1993)

O mais importante do controle do processo é captar o estado do processo com exatidão, interpretando o gráfico de controle e tomando ações apropriadas quando algo suspeito for encontrado. Um processo sob controle é dito estável e sua média e variação não mudam como pode ser visto na figura 8. A utilização de gráficos de controle, para analisar um processo ou suas saídas a fim de tomar ações adequadas para obter e manter o estado de controle estatístico e para melhorar a capacidade do processo, denomina-se Controle Estatístico do Processo (BRASSARD, 1985, p.82).

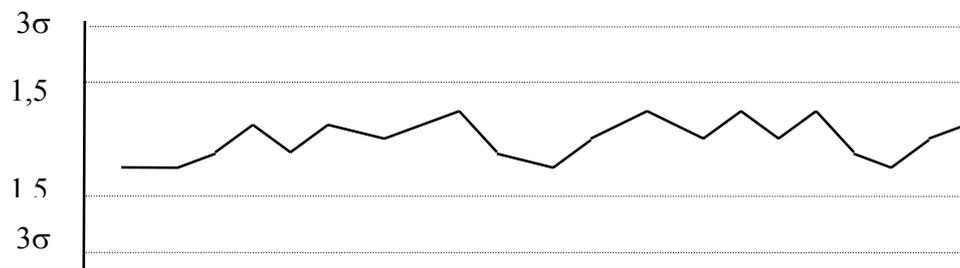


Figura 8 - Gráfico de controle genérico

[Fonte: Brassard (1985)]

2.3.6.6 Fluxograma

O fluxograma ou mapa do processo, é uma representação gráfica mostrando todos os passos de um processo. Tal ferramenta apresenta uma excelente visão do processo e pode ser útil para verificar como as etapas se relacionam entre si. O fluxograma utiliza símbolos reconhecidos facilmente para representar cada etapa do processo, conforme mostrado na figura 9.

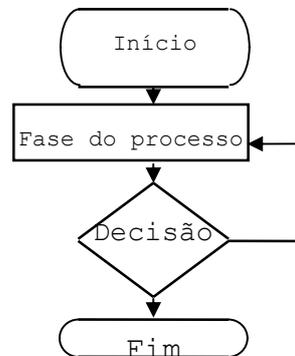


Figura 9 – Fluxograma genérico

[Fonte: Harrington (1993)]

O fluxograma deve ser elaborado através das pessoas que tenham um maior conhecimento sobre o processo. Além de facilitar a visualização do que está sendo feito na realidade, visa reunir o maior número de informações conhecidas da equipe, tais como, fatores a controlar, fatores influentes de difícil controle, padrões de operação e resultados esperados, facilitando assim a identificação de pontos de melhoria. À atividade de elaboração de fluxogramas do processo, denomina-se mapeamento de processos (HARRINGTON, 1993). Um exemplo de mapa do processo é mostrado na figura 10.

Neste mapa foram incluídas além das etapas do processo, algumas características da qualidade importantes (x) a serem observadas para a obtenção das respostas em cada fase (y).

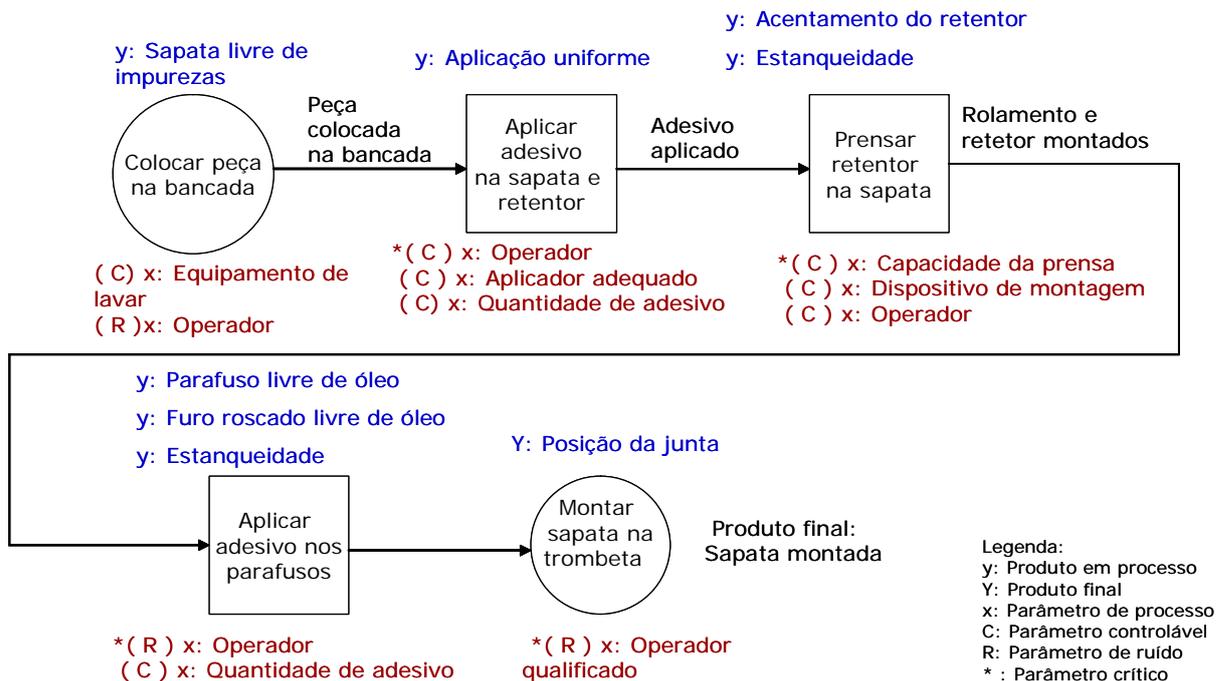


Figura 10 - Mapa de processo de montagem de um componente

[Fonte: Elaborado pelo autor]

2.3.6.7 Análise da Árvore de Falhas

As metodologias da FTA e da FMEA, como será visto adiante, são utilizadas para proporcionar uma maior compreensão do mecanismo das falhas nos produtos e processos. Como falha entende-se, o não cumprimento de determinada função estabelecida para o produto ou etapa do processo.

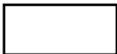
A FTA, *fault tree analysis*, é uma técnica cujo objetivo é auxiliar na identificação das causas fundamentais das falhas de um produto/ processo.

Na construção da FTA, deve-se raciocinar de cima para baixo, ou seja, a falha do produto ou do processo que está sendo analisado, denominado de “evento topo”, é desdobrado a partir do nível superior para os inferiores, na forma de galhos de árvore (CHENG, 1995).

Pode-se observar que, a partir do evento topo, as falhas são desdobradas para os níveis inferiores até chegar às falhas primárias; parte-se do efeito e chega-se às causas.

Na construção das árvores, é utilizada uma simbologia gráfica com as informações relativas à interação entre os sistemas, os efeitos indesejados e às falhas terminais como pode ser visto na tabela 7.

Tabela 7 - Simbologia básica para árvore de falhas

Símbolo	Significado
	Efeitos (eventos superiores ou de topo) - podem ser desdobrados
	Falhas básicas (eventos terminais) - não podem ser desdobrados
	Porta "ou"
	Porta "e"

Fonte: Cheng. (1995)

A figura 11 exemplifica uma análise do sistema de controle de temperatura de um refrigerador de uso doméstico; nela podem-se observar as interações entre os componentes, suas falhas potenciais e seus efeitos sobre o sistema. Numa análise mais abrangente, analisam-se os efeitos sobre o produto e direcionam com sistematicidade as ações preventivas e corretivas mais efetivas.

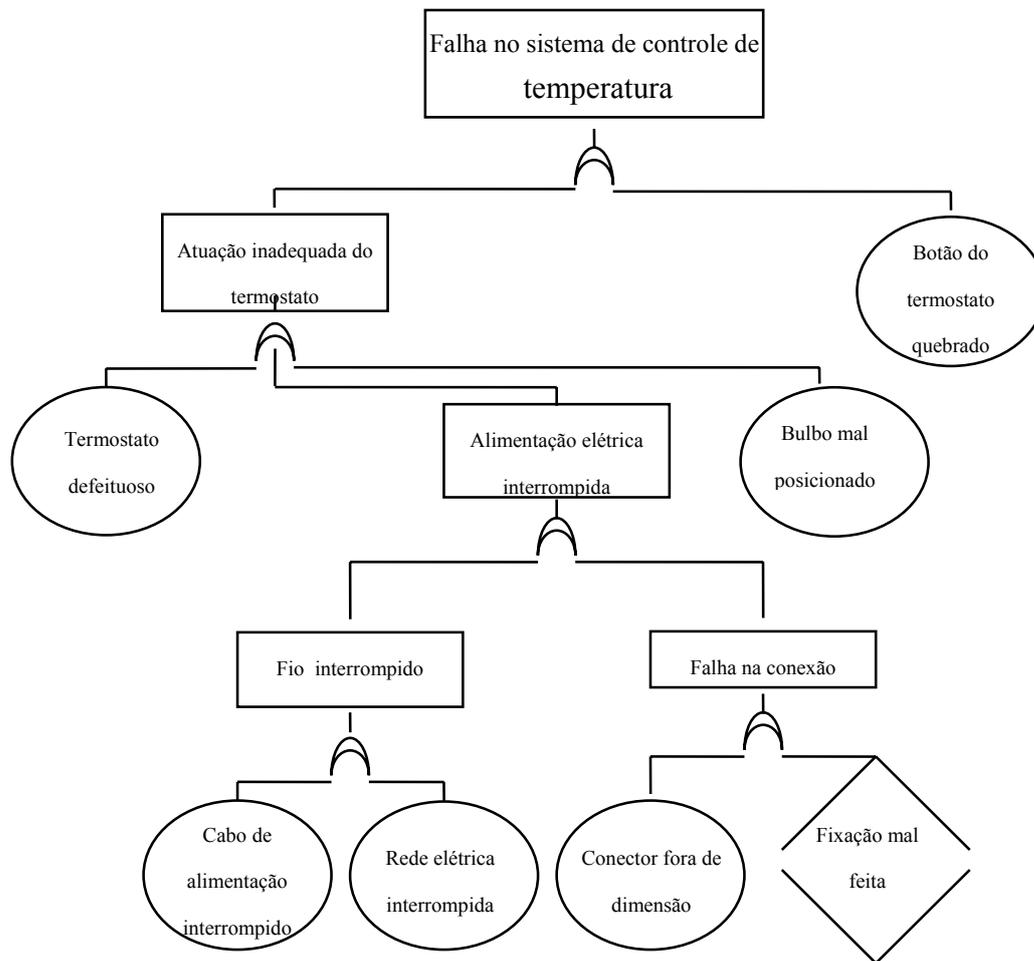


Figura 11 - Árvore de falhas para um sistema de controle de temperatura

[Fonte: Elaborado pelo autor]

2.3.6.8 Análise dos Modos e Efeitos das Falhas

A FMEA, do inglês *failure mode and effect analysis*, tem por objetivo identificar as falhas críticas em cada componente do produto ou etapa do processo de nível mais elementar, bem como, suas causas e seus efeitos nos níveis hierárquicos superiores. Opondo-se ao FTA, na FMEA, deve-se raciocinar a partir da falha na direção do efeito (CHENG, 1995).

Através do preenchimento do formulário do FMEA, explicita-se o procedimento utilizado para identificação das causas dos modos de falhas, sua influência no sistema e no produto e as contramedidas que devem ser tomadas para evitá-las.

Analisa-se as falhas sob três aspectos:

b.1) Ocorrência (O): valor que mede a probabilidade da falha ocorrer em função de determinada causa;

b.2) Severidade (S): valor que avalia o grau de descontentamento do cliente considerando-se que a falha tenha ocorrido;

b.3) Detecção (D): valor que mostra a capacidade atual de detecção da falha antes que esta chegue até o cliente.

Os três índices obedecem a uma escala numérica que varia de 1 a 5 pontos, dependendo da gravidade da falha. O índice de risco (R) é resultado da multiplicação desses índices. Ações corretivas devem ser propostas quando o índice de severidade for \geq a 3 ou quando o índice de risco for \geq a 25.

A figura 12 mostra um exemplo deste tipo de análise.

FMEA 		Grupo de trabalho:				Data:			
Produto 		Equipe de Eng. Simultânea - Projeto Ω				Revisão: 00			
Processo									
COMPONENTE	FUNÇÃO	MODO DE FALHA	EFEITO	CAUSA	GRAVIDADE				AÇÕES
					O	S	D	R	
Porta do congelador	Reter temperatura no interior do congelador	Não retém temperatura adequadamente	Temperatura fora do especificado no painel e/ou no congelador	Isolamento fora de padrão	1	4	1	4	- Testar desempenho do produto em laboratório (aumentar a espessura ou reduzir K) - Fazer análise do fluxo de ar - Fazer experimento variando a distância da porta ao aparador e da porta ao congelador
				Posição inadequada da porta (refer. cota proj.)	1	4	1	4	
				Dimensão incorreta da porta	3	4	3	36	

Figura 12 – FMEA de projeto

[Fonte: Elaborado pelo autor]

2.3.6.9 Avaliação da Capacidade de Processos

A avaliação da capacidade compara a variabilidade natural do processo com as especificações de projeto. O termo *capability* diz respeito à capacidade do processo em atender as especificações de projeto. Isso é feito observando-se a disposição da distribuição do processo em relação aos limites de especificação.

Quando a distribuição dos dados do processo é uma distribuição normal e tem variabilidade entre o limite superior e o limite inferior de especificação, a característica avaliada pode ser julgada satisfatória com os padrões. Por outro lado, se a variabilidade vai além dos limites superior e inferior, isto significa que o processo não é satisfatório, isto é, são necessárias ações corretivas. Para medir objetivamente até que ponto o processo está ou não atendendo às especificações, é utilizado um índice de capacidade.

A primeira avaliação que se faz do processo é a comparação da sua dispersão com a amplitude da especificação do projeto do produto, através do índice Cp. A segunda estimativa da capacidade do processo é o cálculo de Cpk. O índice Cpk não só mede a variação do processo com relação à especificação disponível, como também detecta se o processo está centralizado no alvo.

Quando o processo está sob controle, pode-se calcular a probabilidade de se obter material defeituoso, utilizando a distribuição normal. A tabela 8, apresentada por O'Hanlon (1994, p.40), estabelece uma relação entre os valores de Cpk e as respectivas probabilidades de encontrar materiais fora de especificação.

Tabela 8 - Relacionamento entre Cpk, sigma e ppm

Valor de Cpk	Dispersão ($\pm \sigma$)	PPM
2,0	$\pm 6\sigma$	< 10
1,67	$\pm 5\sigma$	50
1,33	$\pm 4\sigma$	100
1,0	$\pm 3\sigma$	2700
0,67	$\pm 2\sigma$	45500
0,33	$\pm 1\sigma$	317310

Fonte: O'Hanlon (1994)

2.3.6.10 Planejamento de Experimentos (DOE)

Conforme Moen (1991), o planejamento de experimentos (*DOE - Design of experiments*) consiste de uma metodologia destinada a planejar a coleta de dados para a otimização do projeto do produto ou do processo, desde a fase de seu desenvolvimento. Baseia-se na utilização da análise de variância para determinar a influência das variáveis independentes e suas interações no comportamento de uma variável dependente. Consiste basicamente, das seguintes etapas: (i) definição do problema e identificação da resposta, (ii) escolha dos fatores e níveis, (iii) planejamento dos experimentos e escolha da matriz, (iv) condução dos ensaios sob condições controladas, (v) análise dos resultados experimentais; (vi) sumário dos cálculos; (vii) determinação dos níveis ideais e (viii) retorno a etapas anteriores se necessário;

Um método muito utilizado no meio industrial é o experimento fatorial completo que contempla a realização de todas as combinações possíveis entre variáveis e suas interações, ou a execução de um experimento fracionado, onde uma fração é ensaiada em função dos custos e tempo envolvidos. Taguchi propõe um método que faz uso de arranjos ortogonais e leva em consideração a experiência dos envolvidos com o processo, visando eliminar inicialmente fatores com pouca probabilidade de influência (ROSS, 1988). Quando há muitas variáveis, principalmente quando essas interagem, o método de Taguchi torna possível a obtenção de respostas com uma quantidade reduzida de ensaios e, conseqüentemente, em menos tempo e com menos recursos.

2.3.7 Futuro e Tendência do Seis Sigma

Segundo Antony (2004), o Seis Sigma será uma metodologia permanente e de longo prazo se os projetos continuarem a serem mensuráveis e quantitativos em termos financeiros. Além disso, o autor comenta que existem dois pontos a serem salientados.

Um desses pontos é a capacidade técnica e profissional dos especialistas (*Black* ou *Green Belts*) que desenvolvem projetos estratégicos em uma organização. Não se pode simplesmente assumir que todos os especialistas sejam igualmente capacitados, mas cada

um apresenta uma determinada potencialidade que deve ser explorada por cada organização, seja ela na área industrial ou de serviços. Outro aspecto, é a atitude da maioria dos gerentes das organizações, que não devem assumir que o Seis Sigma possa ser utilizado para resolver todos os problemas em um curto prazo.

Usualmente, os projetos com clientes visam melhorar o desempenho do produto final, na sua utilização pelo cliente para aumentar a sua fidelização. Assim, uma vez que o programa Seis Sigma se apresenta maduro na organização, é recomendável iniciar a compartilhar projetos com clientes e fornecedores. Uma oportunidade é a realização de projetos conjuntos para aumento da qualidade de algum insumo relevante para a organização, compartilhando os treinamentos para o mesmo (CAMPOS, 2003).

A tendência de continuidade da metodologia Seis Sigma será a contínua adição de novas ferramentas, especialmente provenientes de outras disciplinas como finanças, vendas e marketing. A contínua atualização deste conjunto de ferramentas torna a metodologia Seis Sigma uma técnica de resolução de problemas vantajosa, trazendo uma maior velocidade de resposta para os clientes e maior facilidade para os especialistas desenvolverem os projetos.

Antony (2004) aponta alguns pontos em que o Seis Sigma apresenta um efetivo significado para implantar a sua cultura estatística em uma organização e está baseado em três princípios:

- Todo projeto ou trabalho em um sistema de processos interconectados;
- Variação existe em todos os processos;
- Entendimento e análise da variação são elementos chaves para o sucesso.

Este pensamento estatístico pode também ser definido como processos de raciocínio, no qual se reconhece que a variação está presente em todos os pontos. Assim, todos os projetos são uma série de processos interconectados que através de análises, quantificações e controles, se identificam oportunidades para melhorias.

O programa Seis Sigma pode ou não sofrer alterações ou evoluções como qualquer outra filosofia. No entanto, esta metodologia tem como objetivo final melhorar o desenvolvimento e confiabilidade de novos produtos e prover melhores níveis de atendimento aos serviços através de um processo mais robusto.

Além disso, é importante salientar que o Seis Sigma apresenta melhores resultados que qualquer outro programa de qualidade, como TQM por exemplo e as organizações não devem visualizar o programa como um Marketing interno ou externo (CAMPOS, 2003).

3. MÉTODO PARA APLICAÇÃO DO SEIS SIGMA EM FORNECEDORES

Para manter a competitividade da cadeia de fornecimento das montadoras de máquinas agrícolas, é indiscutível que vantagem competitiva, produtividade, qualidade e atendimento ao cliente se tornaram fatores chaves. Desta forma, a otimização de processos passou a ser um importante requisito para manter a liderança e sobrevivência no mercado atual.

Atualmente, são disponibilizadas no mercado inúmeras ferramentas e metodologias a serem desenvolvidas para aumentar a qualidade e a *performance* de fornecedores. Contudo, a metodologia Seis Sigma vem ganhando força nos últimos anos e sua filosofia começa a se incorporar dentro das organizações, sobretudo, essa filosofia destaca-se por ser um diferencial que sustenta a sua vantagem competitiva perante outras metodologias.

Além disso, o Seis Sigma é um programa que está sendo implementado de forma corporativa para todas as plantas da empresa de estudo, com o objetivo de reduzir custos, aumentar a produtividade, reduzir desperdícios e, em última análise, aumentar a satisfação dos clientes com a utilização desta metodologia em toda a cadeia produtiva.

Este capítulo apresenta como o trabalho foi desenvolvido, contemplando desde a contextualização da empresa no mercado atual e descrevendo um método para a aplicação do Seis Sigma no desenvolvimento de um fornecedor. A figura 13 mostra um fluxograma das etapas e ferramentas utilizadas e a tabela 9 descreve cada etapa do método utilizado para o desenvolvimento desse trabalho.

O método proposto é um dos resultados desse trabalho. Esse método pode ser considerado como guia para futuros projetos e tem como objetivo facilitar a definição de projetos e o emprego do Seis Sigma em fornecedores.

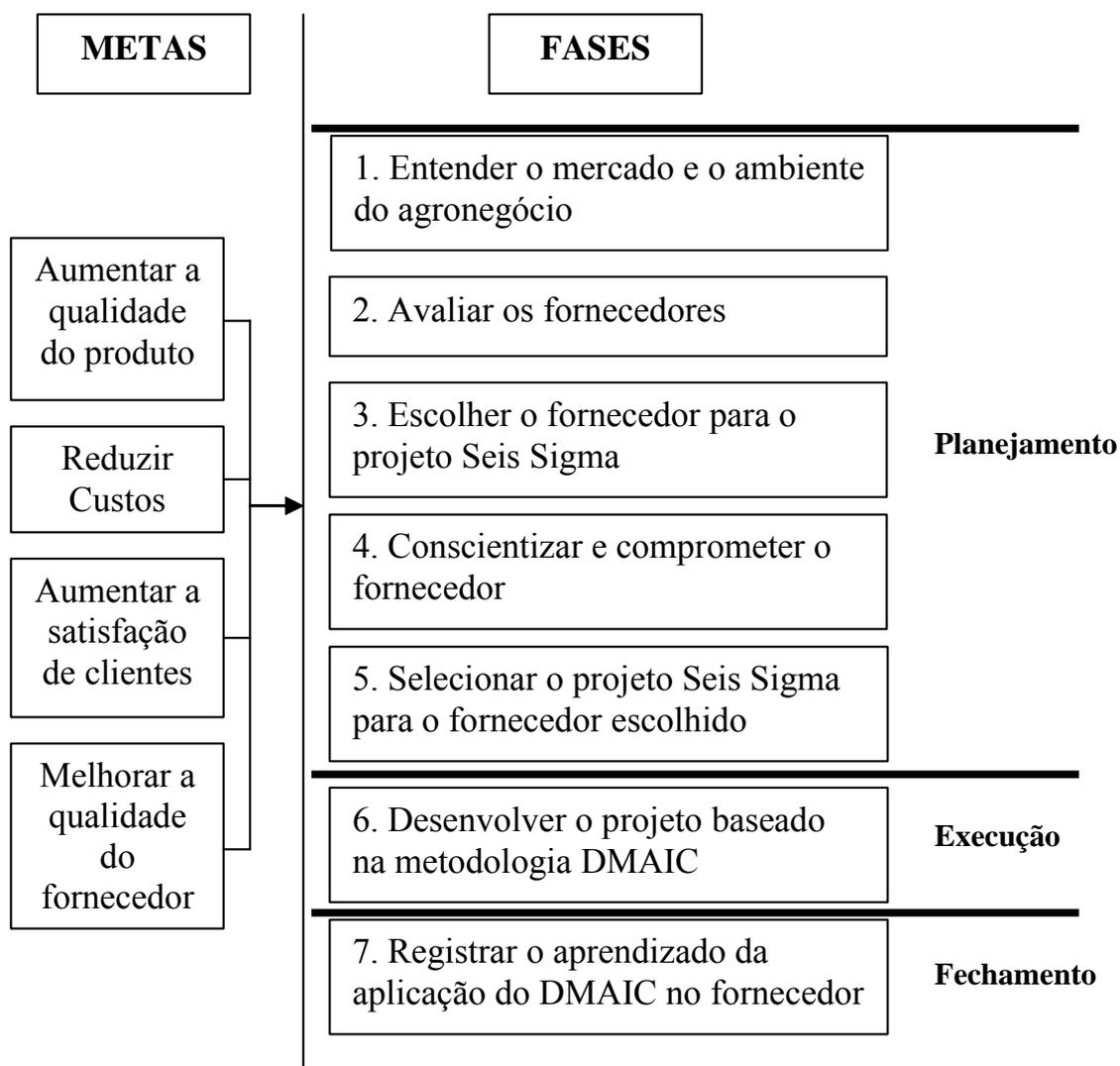


Figura 13 – Método para aplicação do Seis Sigma em fornecedores

[Fonte: Elaborado pelo autor]

As etapas de 1 a 5 do método fazem parte do planejamento e são apresentadas no capítulo 3 dessa dissertação. Enquanto as etapas 6 e 7 concernentes a execução do DMAIC e o fechamento do projeto são apresentadas no capítulo 4 dessa dissertação.

Tabela 9 - Descrição do método de desenvolvimento do trabalho

Passos para o desenvolvimento do trabalho		Descrição das etapas
1.	<i>Entender o mercado e o ambiente do agronegócio</i>	Compreender a importância do desenvolvimento de fornecedores na indústria de máquinas agrícolas e o ambiente da empresa de estudo.
2.	<i>Avaliar os fornecedores</i>	Definir os critérios de avaliação e escolha de fornecedores e quais seus principais indicadores de <i>performance</i> .
3.	<i>Escolher o fornecedor para o projeto Seis Sigma</i>	Definir como o fornecedor será escolhido e quais os critérios serão utilizados para o desenvolvimento do projeto.
4.	<i>Conscientizar e comprometer o fornecedor</i>	Buscar mecanismos para comprometer o fornecedor a desenvolver o projeto dentro da metodologia Seis Sigma.
5.	<i>Selecionar o projeto Seis Sigma para o fornecedor escolhido</i>	Definir metodologia e quais os critérios de seleção para escolher o fornecedor.
6.	<i>Desenvolver o projeto baseado na metodologia DMAIC</i>	Desenvolver o projeto utilizando a metodologia DMAIC.
6.1	<i>Define (Definir):</i> Definição do problema	Apresentar o mapeamento e histórico do problema definido no escopo do projeto.
6.2	<i>Measure (Medir):</i> Estratificação do problema	Estratificar os dados coletados do histórico e definir as metas do projeto.
6.3	<i>Analyze (Analisar):</i> Análise do problema	Compreender o processo envolvido e identificar as causas do problema.
6.4	<i>Improve (Melhorar):</i> Plano de Ações	Avaliar e implementar as ações propostas.
6.5	<i>Control (Controlar):</i> Resultados Atingidos	Apresentar os resultados obtidos e monitorar as novas condições do processo.
7.	<i>Registrar o aprendizado da aplicação do DMAIC no fornecedor</i>	Debater as lições aprendidas com a conclusão do projeto junto ao fornecedor.

3.1 Entender o Mercado e o Ambiente do Agronegócio

3.1.1 O Setor Agrícola Brasileiro

Um dos mercados de maior crescimento econômico nos últimos anos é o mercado agrícola. Dentre as razões pelo fortalecimento desse mercado, pode ser citado a criação e implementação de programas governamentais de incentivo a modernização da frota de máquinas agrícolas, passando pela securitização das dívidas dos agricultores e ainda a alavancagem das cotações das *commodities*. Esses fatores formaram os alicerces que impulsionaram os negócios das montadoras.

Este cenário favorável à agropecuária nacional perdurou até final de 2004, quando as primeiras previsões da safra agrícola americana apontaram uma safra recorde de grãos, especialmente soja, principal produto de exportação do agronegócio nacional. Ao mesmo tempo, ocorreu o declínio nos preços das principais *commodities*, seguido de valorização da moeda e de expressivo aumento nos custos de produção da indústria, capitaneado pelo preço do aço e dos pneumáticos.

Da provável queda nas vendas de máquinas agrícolas nos próximos anos, não se deve concluir que o faturamento das empresas seguirá a mesma direção. O maior conteúdo tecnológico dos equipamentos e o seu maior porte implicam em valores mais elevados e, conseqüentemente, patamares de faturamento não proporcionais à diminuição das vendas. Além disso, as maiores vendas de máquinas para o segmento de infraestrutura, bem como para os setores de cana-de-açúcar, café e laranja, poderão fornecer oxigênio adicional às montadoras.

A figura 14 apresenta o número de tratores produzidos no Brasil entre os anos de 2000 e 2005.

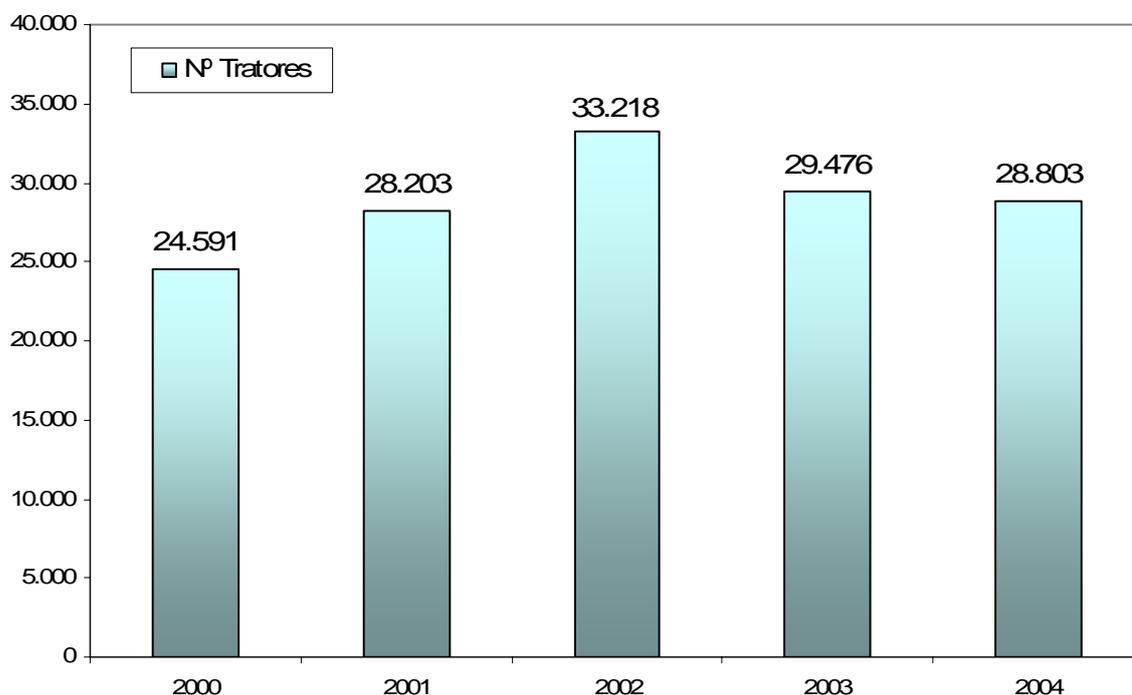


Figura 14 – Número de tratores produzidos no Brasil

[Fonte: Anfavea]

3.1.2 Caracterização da Empresa

A empresa que foi realizada o estudo de caso atua na montagem de máquinas agrícolas no Estado do Rio Grande do Sul. No Brasil, possui duas plantas: uma, que será chamada de Planta A, com 900 empregados, faturamento anual de R\$ 460 milhões, produz tratores e retroescavadeiras; e outra, distante 600km da primeira, que será chamada de Planta B com 500 empregados, faturamento anual de R\$ 100 milhões e que produz colheitadeiras.

A produção da empresa reflete a sazonalidade da agricultura do país, ou seja, o volume de máquinas produzido na época de baixa produção de grãos é muito menor do que o produzido na época de alta, afetando também seus fornecedores. Além da sazonalidade, a produção depende dos incentivos fornecidos pelo governo ao setor

agrícola, de fatores climáticos e do preço dos produtos agrícolas, seja a nível nacional ou externo.

De acordo com Krause e Ellram (1997), por causa da incerteza de encontrar uma fonte melhor de fornecimento e o alto custo para pesquisar e avaliar novos fornecedores, as empresas necessitam trabalhar com os fornecedores atuais para melhorar o seu desempenho. Como consequência, esses autores afirmam que é essencial desenvolver o relacionamento entre as partes.

Os fornecedores das empresas de máquinas agrícolas são fornecedores de componentes ou conjuntos dedicados, de baixo volume, flexíveis às variações de mercado, e com características diferenciadas se comparar com fornecedores da indústria automobilística, de alto volume e alta tecnologia.

Desta forma, o gerenciamento da cadeia de fornecimento através de critérios pré-definidos de avaliação da *performance* dos fornecedores é fator fundamental para evitar problemas de desabastecimento de linha de montagem, perda de entrega de produtos devido à falta de peças e perda de faturamento.

3.2 Avaliar os Fornecedores

Atualmente, a empresa possui 300 fornecedores em atividade dividindo a sua cadeia de fornecimento em peças nacionais e importadas, onde existem 180 fornecedores nacionais que se localizam principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e São Paulo. Os demais 120 estão localizados no exterior, principalmente na Argentina, Inglaterra e Turquia. As principais empresas que abastecem a planta de tratores são a International Motores, Carraro, Eaton e ZF.

O desenvolvimento e seleção de fornecedores é realizado através da análise de critérios definidos no Manual de Avaliação de Fornecedores: Capacidade de produção, habilidade técnica, preço e localização do fornecedor (ARNOLD, 1999).

Cada fornecedor obedece aos parâmetros de suprimentos através de critérios de programação preestabelecidos para cada item fornecido de acordo com suas características. Os parâmetros de suprimentos definidos pela empresa são *Lead Time*, Fator de deslocamento, Lote mínimo e Quantidade múltipla.

O *Lead time* é o tempo necessário para o fornecedor fabricar os componentes solicitados e entregá-los; O Fator deslocamento significa o tempo da entrega do material dentro da fábrica até o consumo; O Lote mínimo é a quantidade mínima de fornecimento negociada previamente com o fornecedor; e a Quantidade múltipla determina a quantidade de itens alocados por embalagem.

Quanto à avaliação dos fornecedores da empresa, os mesmos são avaliados através de três critérios definidos pela corporação da empresa:

a) Pontualidade de entrega: Consiste na entrega dos componentes sem nenhuma tolerância para atrasos e três dias de antecipação dos itens por parte do fornecedor. A nota de entrega é mensurada através da equação (1).

$$Entrega = 100 - \left(\frac{Total\ Itens\ entregues\ fora\ da\ data * 100}{Total\ de\ itens\ entregues} \right) \quad (1)$$

b) Preço: A avaliação de preços baseia-se na alteração aplicada a cada componente adquirido junto ao fornecedor, multiplicando por dez o impacto de variação. A nota de preço considera o fornecimento global de todos os itens. Assim, o eventual aumento de preço em um certo item pode ser compensado com o decréscimo de custo de outro.

Considera-se como base para o cálculo da nota de preço o valor total das compras junto ao fornecedor no mês de dezembro do ano anterior. A cada mês, apenas os volumes da base são alterados conforme as quantidades adquiridas no mês em curso, de modo que a comparação do mês em análise com a base não seja influenciada por variações de volume. Portanto, qualquer alteração de preço causará impacto daquele mês

em diante até o final do ano.

c) Qualidade: O desempenho do fornecedor no aspecto qualidade é medido mensalmente através da equação (2), sendo que o objetivo é a nota mínima de 90 pontos, equivalente a uma devolução máxima de 1.000 ppm (peças defeituosas por milhão).

$$PPM = 100 - \left(\frac{\text{Peças Devolvidas Mês} * 100}{\text{Total de Itens Entregues no Mês}} \right) \quad (2)$$

Os fornecedores da empresa que possuírem desempenho de impactos negativos no que se refere à qualidade e ao prazo de entrega serão analisados no comitê de fornecedores para futuras ações. Este comitê é composto por representantes dos departamentos de compras, engenharia da qualidade, manufatura, logística e qualquer outro departamento, cuja participação julgue-se necessária, e suas reuniões ocorrem com uma frequência bimensal. Essas análises têm o objetivo de identificar a necessidade de tomadas de ações preventivas e também de determinar as ações corretivas para a eliminação dos problemas verificados.

3.3 Escolher o Fornecedor para o Projeto Seis Sigma

McCamey (1999) formulou a frase “faça a coisa certa, certo” e a explica dizendo que antes de iniciar o desenvolvimento de um projeto, deve-se saber por onde começar, e que o caminho a ser tomado deve se basear num sistema de trabalho simples, efetivo e fundamentado. Além disso, segundo Casarotto Filho (1999), os três objetivos de um projeto são: produto (qualidade, desempenho), prazo (velocidade e *performance* de entrega) e preço (custo do produto).

Unindo os dois conceitos, pode-se formar os objetivos para a escolha do projeto a ser realizado no fornecedor, podendo ser baseado em melhorar a qualidade do produto, a *performance* de entrega no prazo e/ou reduzir custos. Portanto, um bom planejamento, o

que envolve escolher e estudar bem os dados de entrada para focar os esforços da equipe de projeto, será fundamental para que se alcance os objetivos do projeto.

Baseado nesses conceitos e relacionando-os com os objetivos estratégicos definidos pela empresa para o desenvolvimento deste trabalho, foi definido critérios específicos para determinar qual o fornecedor será escolhido para o desenvolvimento de um projeto. Assim, através de um *brainstorming* com o time de desenvolvimento de fornecedores, composto pelos departamentos de Engenharia da Qualidade e Compras, foram definidos cinco critérios como pode ser visto na tabela 10. Nesta tabela, está citado os critérios escolhidos, qual o peso dos mesmos definido pelo time de trabalho e qual a sua descrição.

Estes critérios tiveram também como base os itens de avaliação de fornecedores (ARNOLD, 1999), onde estão descritos os pontos críticos para a aprovação de uma fonte de suprimento.

Essa etapa corresponde a etapa 3 do método de aplicação de seis Sigma proposto conforme figura 13.

Tabela 10 - Critérios para escolha do fornecedor da empresa

Critérios	Peso do item	Descrição do critério
1. Faturamento	9	Faturamento anual do total fornecido para as duas plantas da empresa.
2. Criticidade para o cliente final	10	Impacto do item / componente fornecido quanto à segurança, qualidade e nível de satisfação do cliente.
3. Localização	7	Facilidade de transporte e visitas ao fornecedor para o desenvolvimento do trabalho.
4. Índice de qualidade	10	Histórico de qualidade do fornecedor nos últimos 12 meses referente a quantidade de itens devolvidos (PPM).
5. Parceria	5	Facilidade para desenvolver novos projetos, inovações e novas tecnologias com o fornecedor

Devido ao grande número de fornecedores que atualmente a empresa possui e com o objetivo de focar o projeto a ser desenvolvido, o time de desenvolvimento de fornecedores decidiu que o projeto deverá ser focado em um dos fornecedores que estão incluídos nos 10 piores fornecedores nos últimos 12 meses.

Desta forma, baseado nos critérios pré-definidos para a escolha do fornecedor, foi realizada uma matriz de priorização conforme pode ser visto na tabela 11. Através da análise dessa matriz de priorização, o fornecedor escolhido para a realização do projeto foi o fornecedor de chicotes elétricos que atualmente fornece para as plantas A e B.

Tabela 11 - Matriz de Priorização dos Fornecedores

Pesos dos critérios	9	10	7	9	5			
Critérios	Faturamento	Criticidade para o cliente final	Localização	Índice de qualidade	Parceria			TOTAL
Fornecedores / Commodity								
Chicotes Elétricos	3	9	9	9	9			396
Tubulação Hidráulica	1	3	9	9	9			318
Fundidos B	9	1	3	9	1			288
Tanques Plásticos	1	9	9	3	9			264
Motores	9	9	9	1	1			258
Chapas	1	1	3	9	9			256
Componentes Elétricos	3	9	3	1	9			202
Fundidos A	9	1	1	3	1			160
Lataria	3	3	3	3	3			150

Observação: Devido aos dados serem confidenciais, os nomes dos fornecedores serão ocultados, sendo identificados somente através do tipo de produto fornecido para a empresa.

A matriz de priorização é uma ferramenta utilizada para tomada de decisão e é construída para ordenar uma lista de itens baseada em critérios com pesos definidos. A matriz de priorização é pontuada da seguinte forma:

- 0 – Nenhuma relação entre a lista avaliada e os critérios
- 1 – Fraca relação entre a lista avaliada e os critérios
- 3 – Relação moderada entre a lista avaliada e os critérios
- 9 – Forte relação entre a lista avaliada e os critérios

A pontuação total da matriz de priorização é a soma dos produtos dos pesos dos critérios pela pontuação de cada item da lista a ser avaliada.

Segundo Iman (2000), esse fornecedor é classificado como **fonte simples**, pois é uma decisão estratégica da empresa selecionar somente um fornecedor para o abastecimento de chicotes elétricos. Essa decisão se deve ao fato de chicote elétricos apresentar características diferenciadas para o mercado de máquinas agrícolas, tais como baixos volumes de produção, grande variação de modelos de chicotes e complexidade dos componentes devido a severa aplicação no campo.

Os Chicotes elétricos são um conjunto de componentes que interligam todo o sistema elétrico da máquina com o objetivo de distribuir sinais elétricos e eletrônicos para todas as funções de um trator ou colheitadeira, como por exemplo, pode ser visualizada a conexão do painel de instrumentos, faróis, lanternas, luzes indicadoras, sensor de pressão e temperatura, etc. Estes chicotes elétricos são compostos por um conjunto de fios de cobre, conectores, terminais, sensores, corrugados de plástico e proteções de borracha como pode ser visto na figura 15.



Figura 15 – Exemplos de Chicotes Elétricos de um trator

3.3.1 Conscientizar e Comprometer do Fornecedor

Para o sucesso na implementação de um projeto Seis Sigma no fornecedor, salienta-se como primordial manter o foco na perspectiva e nas necessidades do cliente. Isto requer que a empresa e o fornecedor entendam o que o cliente deseja e através da utilização do DMAIC, tomem suas decisões baseadas em fatos e dados para a busca da melhoria contínua.

Contudo, o ponto fundamental para o sucesso de um projeto no fornecedor é o comprometimento de todos com o programa e sua metodologia. Vale a pena dizer que os projetos Seis Sigma requerem mudanças de cultura e introdução de novos métodos de trabalho que por muitas vezes são visto com algum ceticismo.

A primeira abordagem para buscar o comprometimento com o fornecedor no desenvolvimento do projeto Seis Sigma é a situação mais delicada. Uma reunião de formalização do projeto com a alta gerência das duas empresas envolvidas, avaliando os benefícios da aplicação da metodologia e as vantagens da parceria, foi fundamental para a conscientização do fornecedor.

Desta forma, para consolidar esse comprometimento para o desenvolvimento do projeto, foram definidas ações pelo time de desenvolvimento de fornecedores conforme estão descritas a seguir:

- 1) Vincular o objetivo do projeto escolhido pela empresa a um objetivo comum aos objetivos do fornecedor;
- 2) Realizar palestras sobre a metodologia e conceitos do Seis Sigma para o entendimento do contexto do projeto diretamente com a alta administração do fornecedor;
- 3) Estender a apresentação do Seis Sigma para os colaboradores do fornecedor;
- 4) Definir um funcionário do fornecedor que dará todo o suporte necessário para o desenvolvimento de experimentos, coleta de amostras e dados e suporte técnico sobre chicotes elétricos;
- 5) Fazer reuniões semanais com o fornecedor de forma a monitorar o andamento do projeto de Seis Sigma;
- 6) Buscar vincular o projeto a uma potencial redução de custo através do aumento de *performance* de qualidade e produtividade do fornecedor.

3.4 Selecionar o Projeto Seis Sigma para o Fornecedor Escolhido

A escolha dos projetos a serem desenvolvidos é uma das etapas mais importantes para que um projeto seja concluído dentro do prazo estabelecido e atinja os resultados desejados. Além disso, os projetos devem ser vinculados às estratégias da empresa. Desta forma, premissas foram definidas pela alta gerência de forma a definir qual o projeto a ser desenvolvido utilizando a metodologia Seis Sigma, como pode ser visto a seguir:

- a) Projeto vinculado às estratégias da empresa;
- b) Impacto financeiro do projeto
- c) Impacto no aumento da satisfação de clientes
- d) Chance de conclusão do projeto no prazo estabelecido
- e) Existência de suporte da gerência para desenvolvimento do projeto

Baseado nos tópicos citados, foram selecionados 4 potenciais projetos em um *Workshop* com a alta gerência que poderiam ser desenvolvidos no fornecedor de chicotes elétricos com a utilização da metodologia Seis Sigma. Estes projetos foram classificados numa matriz de priorização de projetos e pontuados de forma a permitir a identificação do projeto mais relevante para os interesses da empresa.

Os resultados da priorização podem ser visto na tabela 12. Conforme os resultados da tabela, foi definido que o objetivo deste projeto é Reduzir em 50% o índice de PPM do fornecedor de chicotes elétricos até Dezembro de 2005.

Tabela 12 - Matriz de Priorização de projetos

PROJETOS	9	8	10	6	6	TOTAL
	Projeto vinculado as metas da empresa	Impacto financeiro do projeto	Impacto no aumento da satisfação de clientes	Chance de conclusão do projeto no prazo estabelecido	Existência de suporte da gerência para desenvolvimento do projeto	
1. Reduzir o índice de PPM em 50%	9	3	9	9	9	303
2. Reduzir o custo de frete em 40%	9	9	1	9	3	235
3. Aumentar a <i>performance</i> de entrega em 30%	3	3	9	3	3	177
4. Reduzir o índice de retrabalho em 20%	3	3	9	3	3	177

4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO SEIS SIGMA

Esse capítulo compreende o estudo de caso baseado no desenvolvimento de um projeto Seis Sigma de acordo com a metodologia DMAIC para a melhoria no produto do fornecedor escolhido. As etapas do *Define* (Definir) e *Measure* (Medir) apresentam a estruturação do escopo do projeto e o levantamento de dados para a definição das metas. Da mesma forma, as etapas do *Analyze* (Analisar), *Improve* (Melhorar) e *Control* (Controlar) compreendem a análise destes dados coletados, a utilização de ferramentas estatísticas e de qualidade e, por fim o desenvolvimento de um plano de ações corretivas e preventivas para sustentar os resultados ao longo do tempo.

4.1 Desenvolver o Projeto Baseado na Metodologia DMAIC

Essa etapa corresponde a etapa 6 do método de aplicação de Seis Sigma proposto conforme figura 13.

4.1.1 *Define*: Definição do Problema

A primeira fase do projeto contempla o *Define*, onde é desenvolvido o mapeamento do problema definido no escopo do projeto, realizando a seleção de uma ou mais características críticas de qualidade do fornecedor escolhido. Nesta fase, ainda, é determinado o indicador a ser monitorado e, na seqüência, procede-se um levantamento do histórico do fornecedor para verificar a viabilidade do projeto quanto aos objetivos da empresa.

O principal problema relacionado ao alto índice de PPM em chicotes elétricos pode ser evidenciado na qualidade do produto final, pois muitas vezes os possíveis erros de montagem dos chicotes podem não ser identificados na inspeção de recebimento da qualidade. Esses problemas irão refletir diretamente no não funcionamento do trator ou colheitadeira após a montagem do mesmo, gerando retrabalho após a linha de montagem e afetando a imagem do produto.

Quanto aos aspectos tangíveis, a empresa não faz nenhuma relação financeira com o nível de PPM, pois o custo de devolução é de total responsabilidade do fornecedor. No entanto, foi definido um contrato com o fornecedor para uma revisão nos custos de produção, de acordo com os resultados do projeto atingidos no processo de fabricação e montagem dos chicotes. Tal fato possibilita uma potencial redução de custo dos componentes atualmente fornecidos para as duas plantas e deve ser avaliado após a conclusão do projeto.

Foram considerados como aspectos intangíveis, a melhor qualidade do fornecedor, o aumento da satisfação do cliente e o fortalecimento da imagem do sistema elétrico. Esses aspectos poderiam ser mensuráveis, mas por decisão da empresa devido a dificuldade de avaliar o real efeito do projeto perante estes aspectos, eles não serão avaliados quantitativamente.

A figura 16 demonstra o histórico de PPM do fornecedor de chicotes elétricos de janeiro à dezembro de 2004, onde a média é de 1842 PPM considerando as plantas de A e B. Analisando o comportamento do histórico, pode ser constatado que não existe melhora na *performance* de qualidade do fornecedor, além de apresentar picos de má qualidade em meses de altos níveis de produção, como ocorreu no mês de junho.

A figura 17 descreve, o *Project Charter* do projeto de redução de PPM no fornecedor de chicotes elétricos. O *Project Charter* é um documento da empresa de estudo de caso que abrange o escopo do projeto Seis Sigma. Este documento descreve onde o projeto está sendo desenvolvido, objetivos, a equipe de trabalho e o cronograma para cada uma das fases do DMAIC. Para cumprimento o cronograma, foram realizadas reuniões com o fornecedor a cada 15 dias e o monitoramento do projeto no fornecedor foi realizado através da minutas.

Assim, como o objetivo do projeto é reduzir o índice de PPM em 50% até dezembro de 2005, deve ser atingido um índice de devolução para uma média de valores iguais ou inferiores a 921 PPM dos últimos 12 meses para as plantas A e B para atender a meta definida empresa.

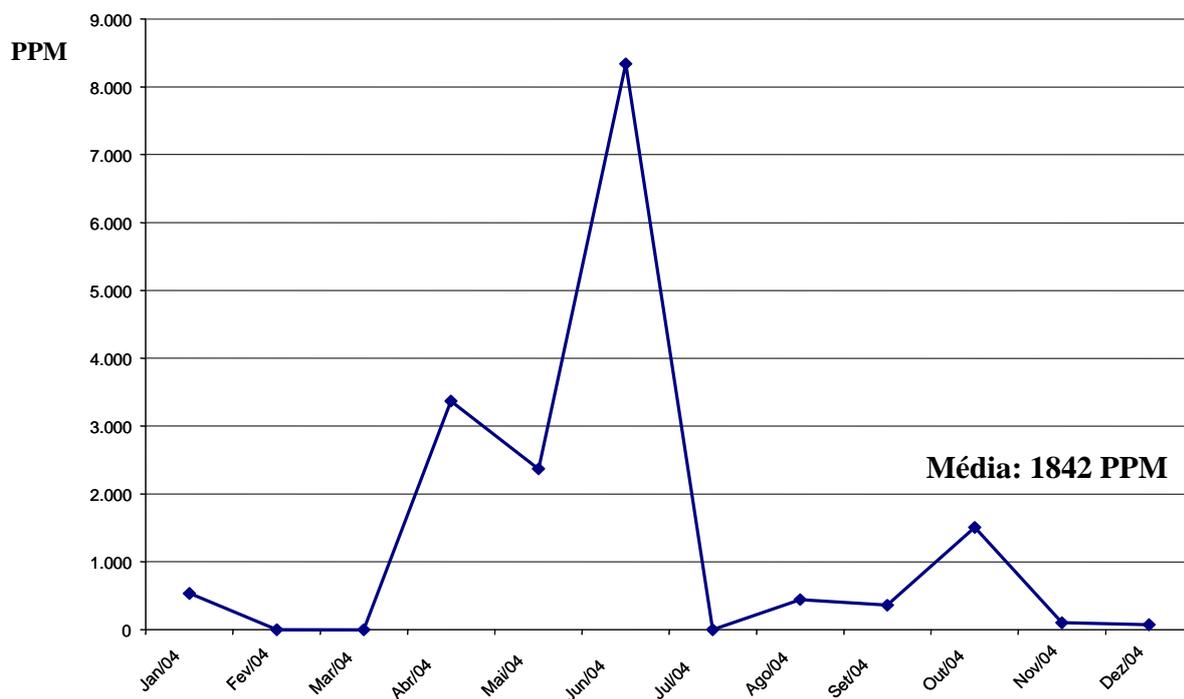


Figura 16 – PPM de chicotes entre Janeiro e Dezembro de 2004 nas plantas A e B.

[Fonte: Banco de Dados da empresa]

4.1.2 *Measure*: Estratificação do Problema

A segunda etapa do DMAIC é o *Measure*, que busca a estratificação dos dados levantados do histórico no *Define* com o objetivo de medir com precisão o desempenho de cada etapa do processo, identificando os pontos críticos e aspectos passíveis de melhorias.

Considerando os dados do histórico de PPM do fornecedor de chicotes elétricos, o projeto foi estratificado somente por planta (A e B). Neste caso específico, não foi realizada a estratificação por item fornecido, devido ao fato de altos valores de PPM ser ocasionado pela devolução de diferentes tipos componentes ao longo dos meses, não havendo um único item crítico que justificasse concentrar os estudos.

Black Belt	Ricardo Peña	Ramal :	8039			
Champion	Marcos Ferrari	Planta	A e B			
Data início	Janeiro/05	Data Final (Objetivo)	Dezembro /05			
Etapas	Descrição					
1. Processo	Definir o processo em que a oportunidade existe.	Processo de devolução de peças no recebimento de peças da Qualidade.				
2. Descrição do Projeto	Descrever o propósito do projeto e os objetivos gerais.	Reduzir o índice de PPM no fornecedor de chicotes elétricos.				
3. Escopo do projeto	Definir a parte do processo que será desenvolvido o projeto.	Processo interno de devolução e processo produtivo do fornecedor.				
4. Objetivo	Definir a situação atual, o objetivo de ganhos do projeto e o objetivo teórico (Ideal).		Situação	Objetivo	Objetivo	Unid
			Atual	Teórico		
		PPM Geral	1842	0	921	%
5. Business Case	Definir a melhoria do projeto e quando ela será implementada	O alto índice de PPM em chicotes elétricos evidencia problemas de Qualidade que muitas vezes não são identificados na inspeção de recebimento e refletem o não funcionamento do trator após a montagem do mesmo, gerando retrabalho e afetando a imagem do produto. O objetivo é finalizar o trabalho em Dezembro de 2005.				
6. Membros do time	Definir os membros do time	Marcio Felisberto, Eliseo, Clovis Weber, Irajara Ribeiro, Alexandre (forn.), Furlan (forn.),				
7. Vantagens para o cliente interno e/ou externo:	Definir as vantagens para o cliente interno/externo com a realização do projeto.	Reduzir o retrabalho interno e aumentar a percepção de Qualidade do fornecedor de chicotes elétricos				
8. Cronograma	Datas	Início do Projeto	Janeiro/05			
	D – <i>Define</i>	Conclusão “D”	Fevereiro/05			
	M – <i>Measure</i>	Conclusão “M”	Fevereiro/05			
	A – <i>Analyze</i>	Conclusão “A”	Julho/05			
	I – <i>Improve</i>	Conclusão “I”	Novembro/05			
	C – <i>Control</i>	Conclusão “C”	Dezembro/05			
		Conclusão do Projeto	Dezembro/05			

Figura 17 – *Project Charter*

[Fonte: Banco de Dados da empresa]

O índice de PPM para as plantas de A e B são respectivamente 1660 e 2538 PPM em média nos últimos 12 meses entre janeiro a dezembro de 2004 como pode ser visto no Pareto da figura 18.

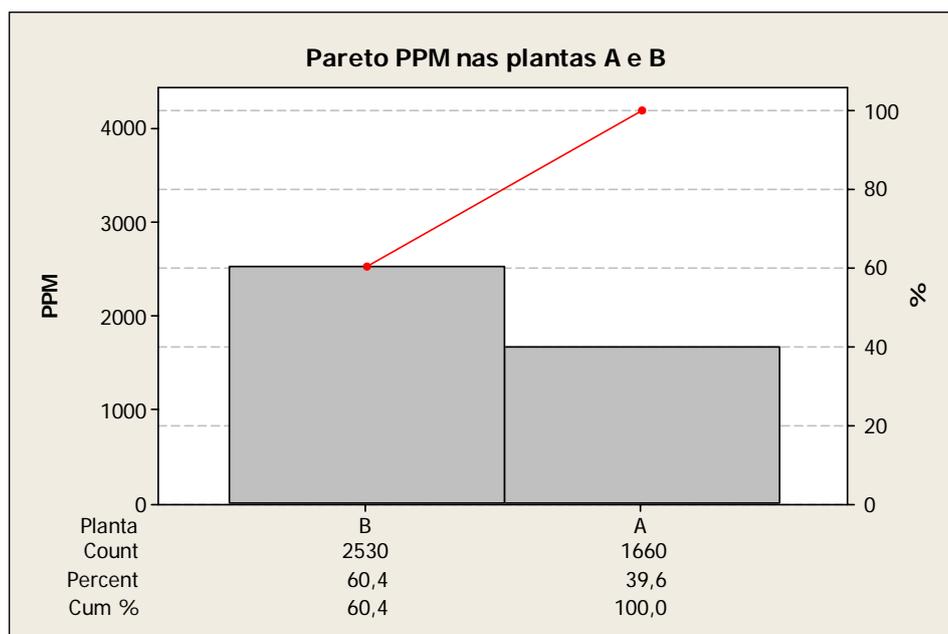


Figura 18 – Pareto do PPM por planta do fornecedor

[Fonte: Banco de Dados da empresa utilizando o Minitab®]

Assim, para atingir a meta do projeto de reduzir 50% do índice de PPM do fornecedor de chicotes elétricos, metas específicas são definidas para cada planta:

- **Meta específica 1:** Reduzir em 51,7% o número de itens devolvidos na planta A até Dezembro de 2005;
- **Meta Específica 2:** Reduzir em 57,3% o número de itens devolvidos na planta B até Dezembro de 2005

Desta forma, se atingir as metas específicas definidas de reduzir o número de itens devolvidos em 51,7% em A e 57,3% em B, pode ser alcançada uma média de 900 PPM entre as duas plantas, resultando 54% de redução global e superando a meta geral de 50% como pode ser visto na tabela 13.

Tabela 13 - Comprovação se as metas específicas atingem a meta geral

Planta A	Itens Devolvidos	Itens fornecidos
Histórico: Jan-Dez/04	291	175.474
51,7% de Redução	140,3	
<i>PPM Alcançado</i>	<i>800</i>	
Planta B	Itens Devolvidos	Itens fornecidos
Histórico: Jan-Dez/04	244	96.392
57,2% de Redução	104,5	
<i>PPM Alcançado</i>	<i>1084</i>	
GERAL	Itens Devolvidos	Itens fornecidos
Histórico: Jan-Dez/04	535	271.866
54,24% de Redução	244,8	
<i>PPM Alcançado</i>	<i>900</i>	

Fonte: Banco de Dados da empresa

4.1.3 *Analyze* – Análise do Problema

Com a definição das metas específicas na etapa do *Measure*, esta fase tem o objetivo de conhecer em qual o processo que o problema do fornecedor está inserido, identificando quais são as variáveis de entrada, variáveis de saída e variáveis ruídos que interferem no escopo do projeto. Assim, é possível direcionar a equipe de trabalho para as características específicas do produto ou processo que devem ser melhoradas para atendimento dos objetivos pré-definidos.

Para entender onde o projeto estará sendo desenvolvido, a primeira análise realizada foi mapear o processo produtivo do fornecedor de chicotes elétricos conforme pode ser visto na figura 19. Esta análise buscou identificar quais os processos envolvidos

na fabricação de um chicote elétrico e quais as variáveis que podem influenciar na má qualidade de montagem.

Baseado no mapa de processo foi realizado junto com o time de trabalho um *Brainstorming* de forma a identificar quais os processos vulneráveis que podem acarretar no alto índice de devolução junto ao cliente. Nesta análise levou-se em consideração os motivos das devoluções do histórico do fornecedor e também dos problemas vinculados a *performance* do chicote elétrico no cliente final.

As variáveis de entrada classificadas como “S” são considerados padrões. As variáveis classificadas como “C” e “NC” são variáveis controladas e não controladas respectivamente.

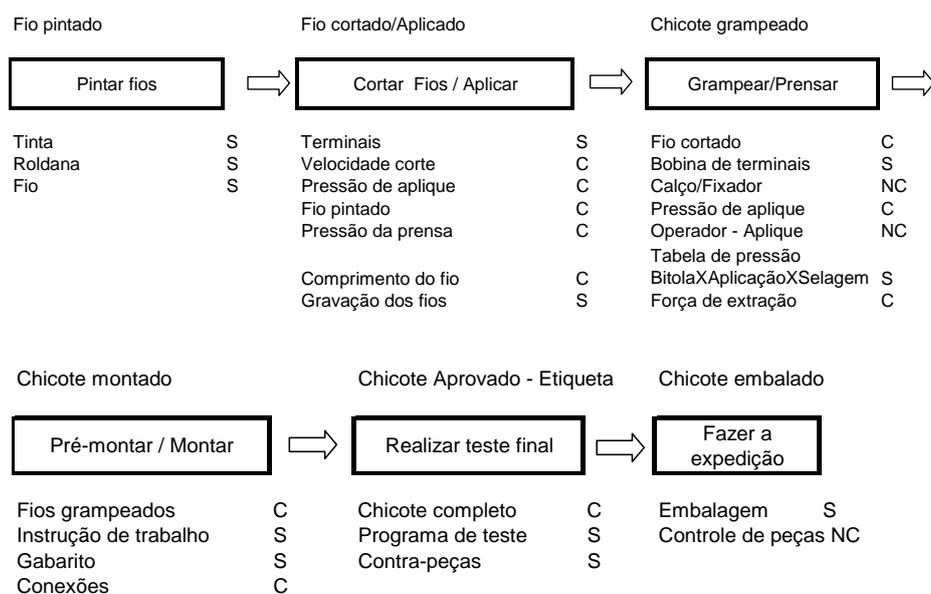


Figura 19 – Mapa de processo do fornecedor de chicotes elétricos

Foram escolhidos os seguintes processos: Grimpagem de fios, Corte de fios e montagem de chicotes. A partir dessa definição, o time de trabalho estudou cada um dos processos de forma a verificar se estes processos são uma causa potencial do problema.

4.1.3.1 Processo de Grimpagem

A operação de grimpagem consiste em aplicar na extremidade do cabo ou fio um terminal elétrico para que seja possível a fixação do chicote elétrico nas diversas partes de uma máquina agrícola. O conjunto destes fios grimpados forma o chicote elétrico.

No fornecedor em estudo, o processo de grimpagem é realizado com máquinas aplicadoras manuais como pode ser visto na figura 20. Neste processo, os fios já decapados e cortados e os terminais são recebidos em bobinas, sendo os mesmos fixados a máquina de aplicação. A seguir, é acoplado na máquina um mini aplicador que será o responsável pela aplicação do terminal nos fios, se caracterizando o fio grimpado.

Para avaliar como o processo de grimpagem estava se comportando, foi acordado com o time de trabalho realizar um estudo de capacidade de processo de forma a tirar uma fotografia do processo atual. Foram coletadas 48 amostras e a variável de saída medida para este estudo foi a força de extração mínima, que é uma variável normalizada em função da bitola do fio e do tipo de terminal.

Para o estudo, foram definidas as bitolas de 0,5 e 1,5 mm² com terminais automotivos que correspondem a mais de 80% da produção atual do fornecedor de chicotes elétricos. Os resultado deste estudo podem ser vistos nas figuras 21 e 22.



Figura 20 - Máquinas aplicadoras manuais

O índice de Cpk de -0,49 para bitola de 0,5mm² e 0,67 para 1,5mm². O Cp não foi calculado pois não existe nenhuma norma em função da força de extração máxima para

os chicotes. Assim, o processo de grimpagem é uma causa real.

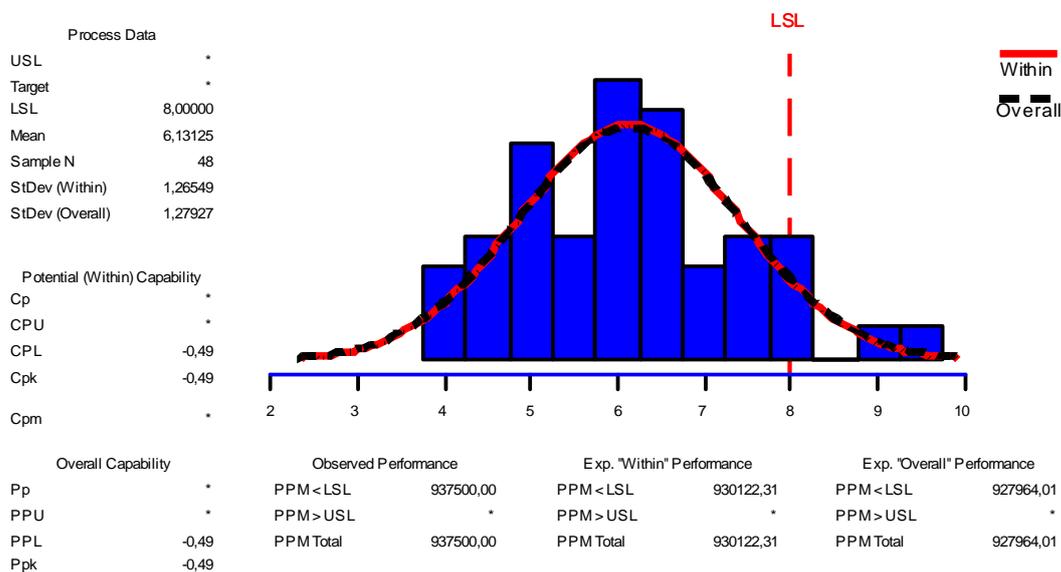


Figura 21 - Estudo de capacidade com bitola de 0,5mm² e Cpk:-0,49
 [Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o Minitab®]

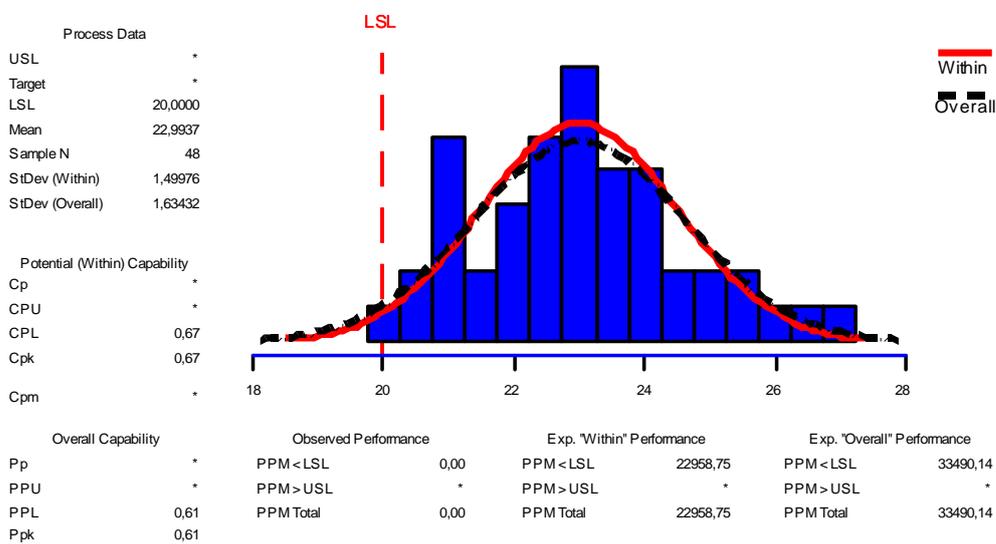


Figura 22 - Estudo de capacidade com bitola de 1,5mm² e Cpk: 0,67
 [Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o Minitab®]

Com a comprovação estatística de este ser um processo que realmente afeta o nível de qualidade dos chicotes, o time de trabalho fez um FTA para levantar as potenciais causas de falha do processo de grimpagem, como pode ser visto na figura 23.

Através do FTA, foram priorizadas pelo time de trabalho como causas potenciais as máquinas aplicadoras antigas e sem precisão (Causa potencial 1) e a má especificação da relação Bitola X Terminal (Causa potencial 2).

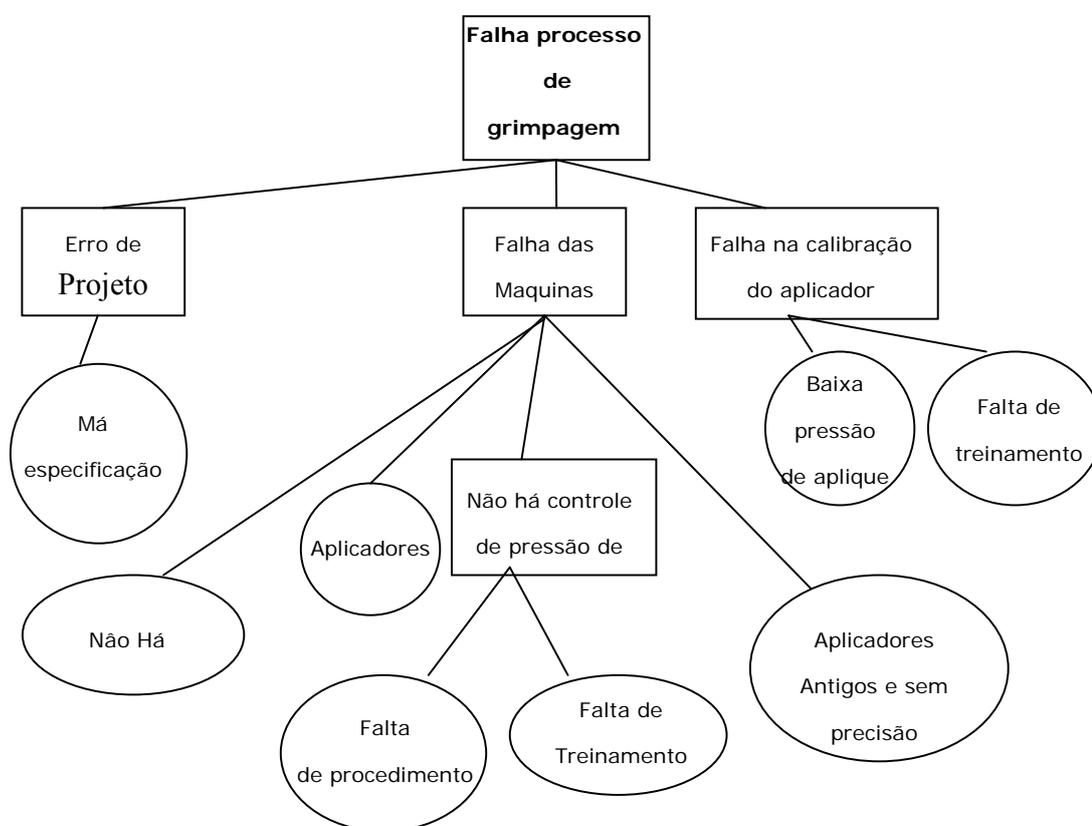


Figura 23 - FTA do processo de grimpagem

Para analisar a causa potencial 1, realizou-se uma auditoria no fornecedor a fim de verificar as condições dos aplicadores durante o processo de grimpagem dos chicotes. Verificou-se que alguns aplicadores estavam em condições precárias para utilização,

alguns antigos, rachados e com sinais visíveis de desgaste que impediam a qualidade de precisão de pressão de aplique dos terminais conforme pode ser visto na figura 24. Portanto, máquinas aplicadoras antigas e sem precisão é uma causa real.

Em relação a causa potencial 2, foi verificado nesta mesma auditoria que alguns chicotes apresentavam terminais com bitolas superiores as especificações de engenharia, de forma que dois fios pudessem ser grimpados no mesmo terminal. Portanto, má especificação da relação Bitola e Terminal é uma causa real, como pode ser visto na figura 25.

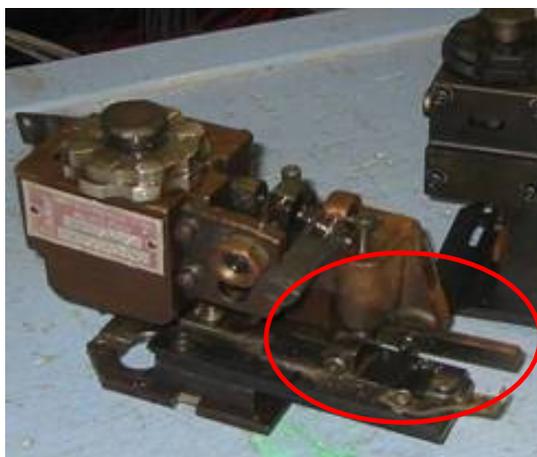


Figura 24 - Aplicadores rachados e sem manutenção

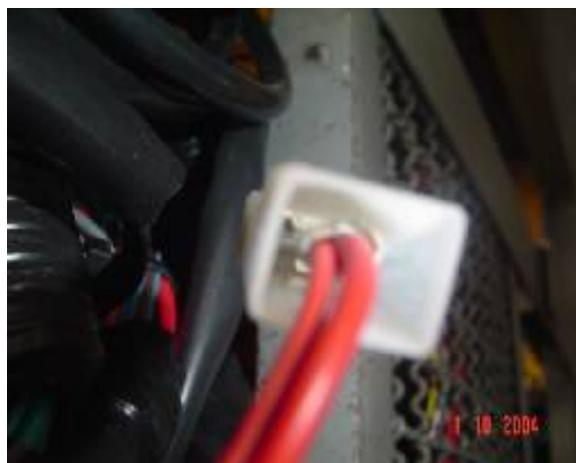


Figura 25 - Dois fios grimpados em um único terminal

4.1.3.2 Processo de Corte de Fios

O processo de corte de fios corresponde ao corte e decapagem dos fios em um determinado comprimento para, posteriormente, serem grimpados para a montagem dos chicotes. Esse processo é realizado pelo fornecedor através de uma máquina automática, onde somente é necessário definir a bitola de fio, a quantidade e o comprimento requerido.

Para a análise deste processo, um estudo piloto de capacidade com 44 amostras de tamanho foi realizado com um comprimento de corte de 230mm. A figura 26 mostra que

o processo de corte é capaz e centrado, atingindo um C_p de 2,88 e C_{pk} de 2,65. Desta forma, o processo de corte não é uma causa real do problema.

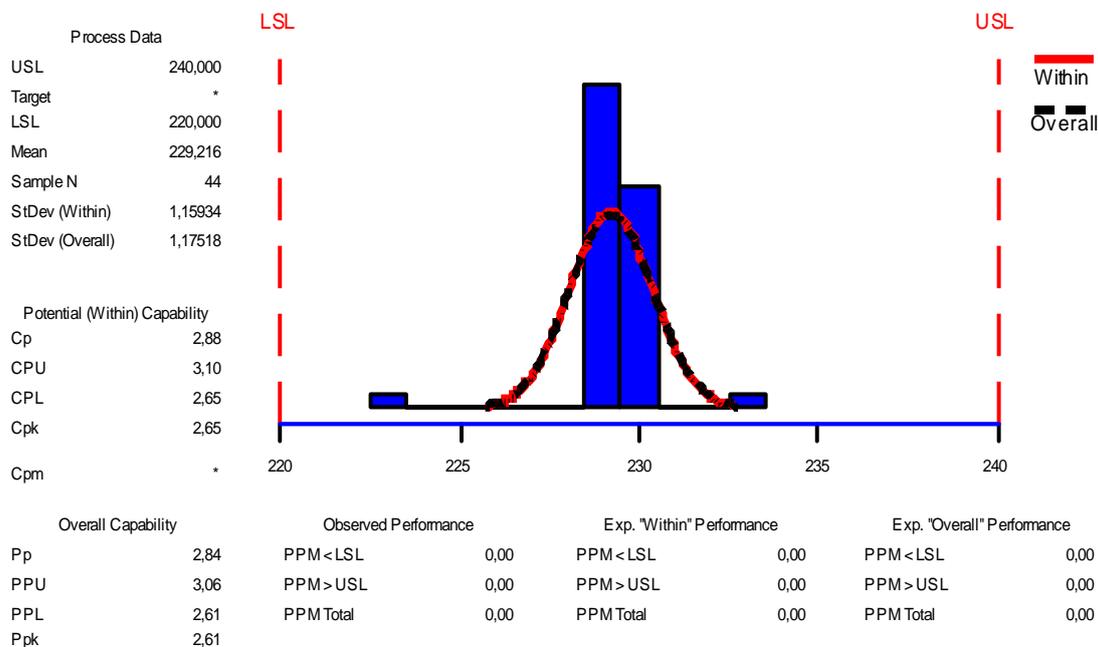


Figura 26 - Estudo de capacidade com C_p : 2,8 e C_{pk} : 2,65

[Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o Minitab®]

4.1.3.3 Processo de Montagem de Chicotes

O processo de montagem consiste na confecção do chicote elétrico propriamente dito. O processo é realizado manualmente em mesas de montagem onde são agregados todos os componentes externos dos chicotes, tais como borrachas de proteção, corrugados, fios grimpados, passa fios, graxa de proteção, etc. A falha do processo de montagem se caracteriza em relação ao índice de devolução quando ocorre inversão de fios ou falta de componentes.

Analisando o histórico de qualidade de devolução, o time de trabalho realizou um *Brainstorming* para levantar as causas potenciais de devolução provenientes do processo de montagem. Os principais pontos levantados foram: (i) falha humana na montagem, (ii)

falta de treinamento, (iii) má identificação das mesas de montagem, (iv) não existe controle na expedição, (v) falha na bancada de testes funcionais, e (vi) desatualização de desenhos.

O time de trabalho priorizou causas potenciais através de uma matriz de priorização, sendo priorizadas as seguintes causas, como pode ser visto na tabela 14: falta de identificação nas mesas de montagem, não existência de um controle de expedição e a desatualização de desenhos.

Tabela 14 - Matriz de priorização do processo de montagem

CAUSAS POTENCIAIS	10	8	7	TOTAL
	Fácil detecção no processo do fornecedor	Frequência do problema	Frequência do problema	
Falha humana na montagem	3	3	3	75
Falta de treinamento	9	1	1	105
Má identificação das mesas de montagem	9	9	9	225
Não existe controle na expedição	9	9	9	225
Falha na bancada de testes funcionais	3	1	3	59
Desatualização de desenhos	9	9	9	225

Em relação a má identificação das mesas de montagem, verificou-se na auditoria do fornecedor que não estava claro a forma que as mesas de montagem eram identificadas para o montador. Não existia instruções visuais, possibilitando o erro de montagem e uma futura devolução do cliente, conforme pode ser visto na figura 27.

Além disso, não havia nenhuma forma de inspeção ou conferência dos itens agregados nos chicotes por parte do fornecedor. Os chicotes eram liberados na expedição somente com a aprovação do teste funcional dos mesmos, não garantindo a qualidade total dos componentes fornecidos.

Outro ponto importante foi a quantidade de desenhos desatualizados no banco de dados do fornecedor. Em um levantamento das emissões dos desenhos, identificamos 142 desenhos desatualizados de 338.



Figura 27 – Identificação das mesas de montagem

4.1.3.5 Causas Reais

Em suma, com os estudos realizados ao longo do processo do fornecedor, as causas reais comprovadas que impactam no indicador de devolução de componentes podem ser vistas a seguir:

Causa Real 1: Máquinas aplicadoras antigas e sem precisão (CR1)

Causa Real 2: Má especificação da relação Bitola *Versus* Terminal (CR2)

Causa Real 3: Não existe controle na expedição (CR3)

Causa Real 4: Má identificação das mesas de montagem (CR4)

Causa Real 5: Desatualização de desenhos (CR5)

4.1.4 Improve – Plano de Ações

Nessa fase, para cada uma das causas identificadas nos estudos realizados na fase do *Analyze*, desenvolveu-se um plano de ação junto ao fornecedor de forma a avaliar e estudar os fenômenos envolvidos e implementar as ações propostas pelo time de trabalho.

4.1.4.1 Máquinas aplicadoras antigas e sem precisão

Com base na análise do processo de grimpagem, o time de trabalho propôs ações para solucionar a causa real das máquinas de aplicação, por elas serem antigas e sem precisão. As soluções propostas podem ser vistas a seguir:

- a) Montar um plano de Manutenção preventiva nas máquinas aplicadoras;
- b) Recuperar todas as máquinas aplicadoras em mau estado;
- c) Investir em novo ferramental, o que inclui máquinas aplicadoras e mini aplicadores novos.

No entanto, devido a grimpagem ser o processo fundamental da qualidade de um chicote elétrico, em reunião com a alta gerência do fornecedor, ficou definido que investimentos em novas máquinas seriam realizados para a troca de 100% dos aplicadores. O investimento custou em torno de R\$ 100.000,00 entre máquinas aplicadoras, mini aplicadores e treinamento. Todos os custos foram de total responsabilidade do fornecedor.

Para estes aplicadores, foi redefinida a periodicidade de calibração para bimensal (antes semestral) e implementada em toda a linha de produção do fornecedor no segundo semestre de 2005, como pode ser visto na figura 28.



Figura 28 – Investimentos em novos aplicadores no fornecedor

4.1.4.2 Má especificação da relação Bitola *Versus* Terminal (CR2)

Ainda no processo de grimpagem, o projeto identificou como causa a má especificação entre a bitola e o terminal do chicote. Nesta análise foram definidas as seguintes ações pelo time de trabalho:

- a) Alterar todos os terminais conforme a norma de chicotes elétricos do mercado automotivo.
- b) Realizar um mini estudo de capacidade com a mesma bitola e terminal realizados na etapa do Análise de forma a verificar os resultados obtidos
- c) Fazer um estudo microscópico de fechamento do terminal, verificando a qualidade da grimpagem.
- d) Realizar um estudo de planejamento de experimentos (DOE) para avaliar a influência do fator humano na grimpagem em função da força de extração dos chicotes.

Em conjunto com as Engenharias do fornecedor e da empresa, foi redefinido as relações bitola e terminais dos chicotes fornecidos para a linha de montagem. Estas alterações fizeram com que cada bitola de fio apresentassem um terminal específico para a grimpagem, conforme ocorre nos chicotes do mercado automotivo.

Desta forma, com a alteração da relação Bitola e Terminal, um novo mini estudo foi realizado com 30 amostras de tamanho com as mesmas condições realizadas na fotografia tirada do processo de grimpagem durante a etapa do *Análise*, isto é, realizando o estudo com as mesmas bitolas de fios. Os resultados podem ser vistos nas figuras 29 e 30. O Cpk com a nova relação bitola e terminal e, também, com as novas máquinas aplicadoras implementadas, atingiu valores de 1,61 e 3,31 para as bitolas de 0,5 e 1,5mm² respectivamente.

A tabela 15 compara os valores de Cpk para antes e depois das ações implementadas pelo fornecedor.

É importante salientar que ambos os estudos foram realizados após as máquinas aplicadoras estarem calibradas com os mesmos valores, isto é, na força de extração mínima normalizada.

Tabela 15 - Valores de *Cpk* no processo de grimpagem

Bitola de fio	Antes	Depois
0,5mm ²	-0,49	1,61
1,5mm ²	0,67	3,31

Para verificar a eficácia das ações tomadas no processo de grimpagem, um estudo microscópico comparativo do fechamento do terminal do chicote foi realizado. Para análise dos resultados, quanto menores forem os espaços vazios encontrados na análise do corte do fechamento entre o terminal e os fios de cobre, melhor será qualidade e a confiabilidade da grimpagem. Os espaços vazios terão como consequência a longo prazo, oxidações internas, mau contato e um futuro não funcionamento do sistema elétrico da máquina agrícola. Esta característica é relevante, pois a máquina agrícola é um produto exposto a poeira, barro e umidade durante o trabalho no campo.

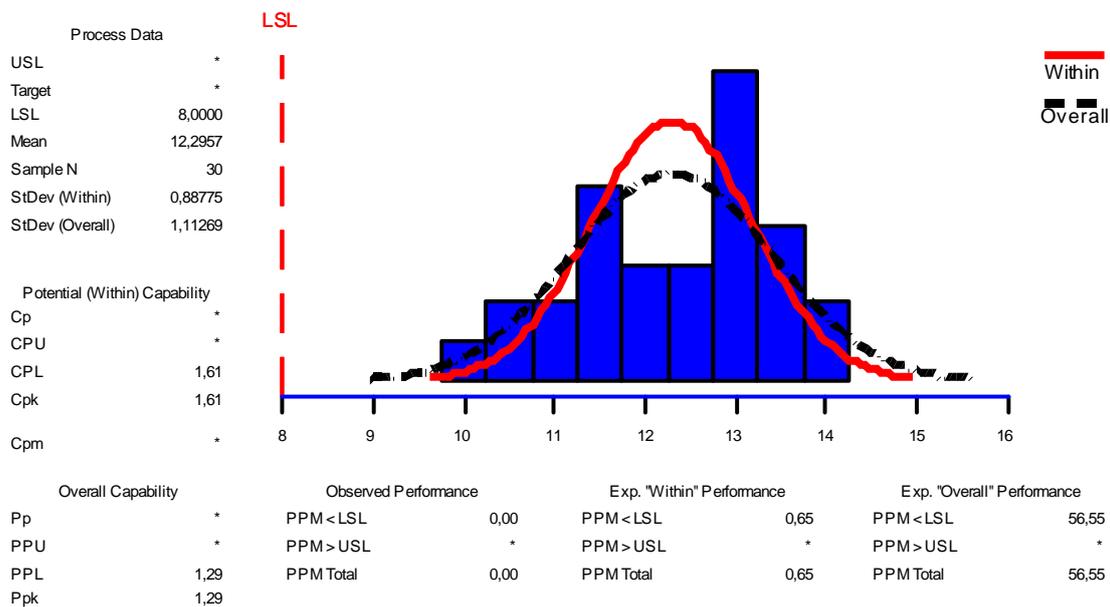


Figura 29 – Estudo de capacidade com bitola de 0,5mm² e Cpk: 1,61

[Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o Minitab®]

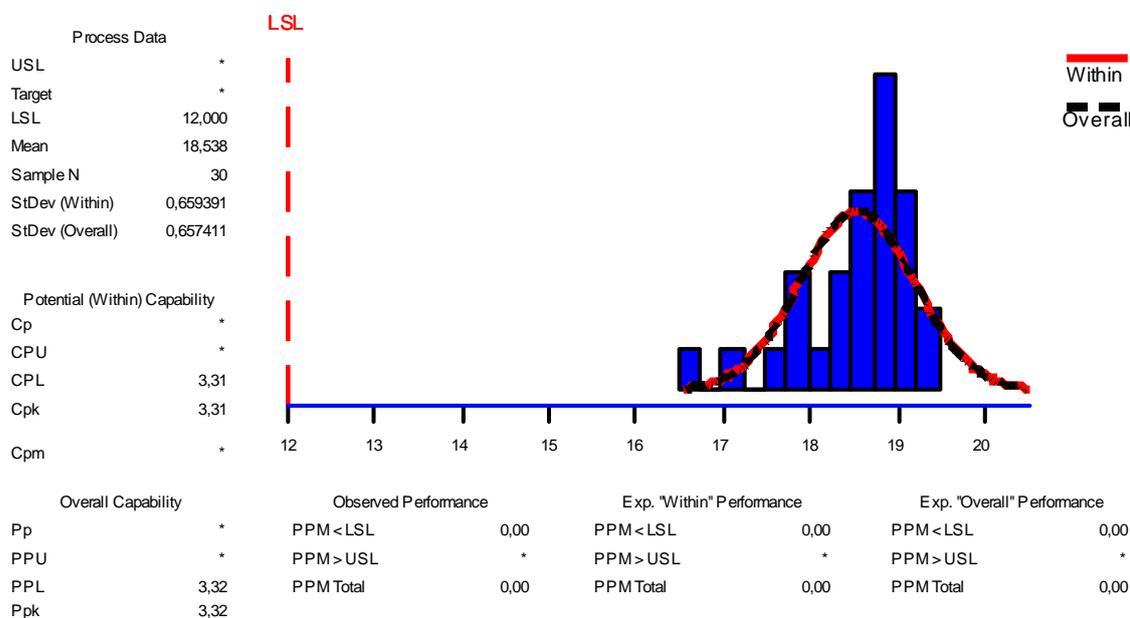
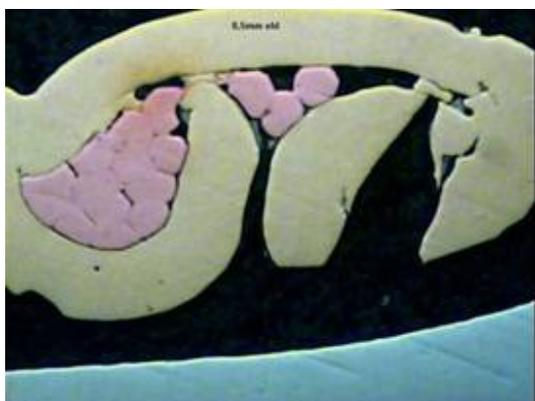


Figura 30 - Estudo de capacidade com bitola de 1,5mm² e Cpk: 3,31

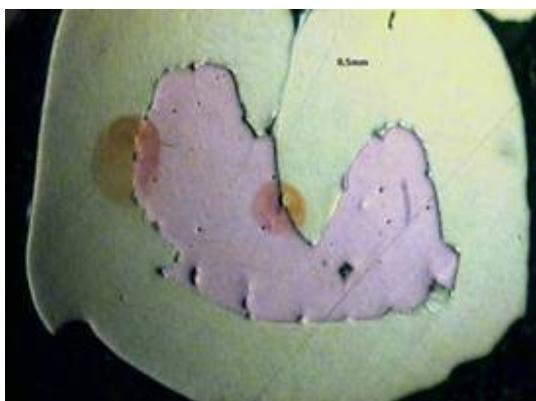
[Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o Minitab®]

A figura 31 mostra um resultado comparativo entre o fechamento do terminal antes e depois das ações implementadas, podendo concluir que as ações melhoraram significativamente o processo de grimpagem do fornecedor.

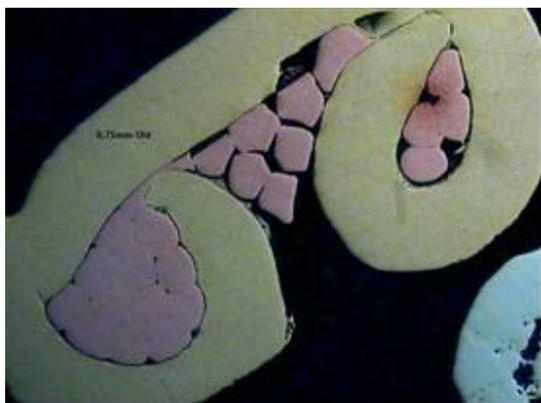
Além disso, para finalizar o estudo do processo de grimpagem, foi definido pelo time de trabalho uma necessidade de implantar um novo procedimento de calibração dos aplicadores em função da força de extração máxima, pois esta força máxima não é normalizada.



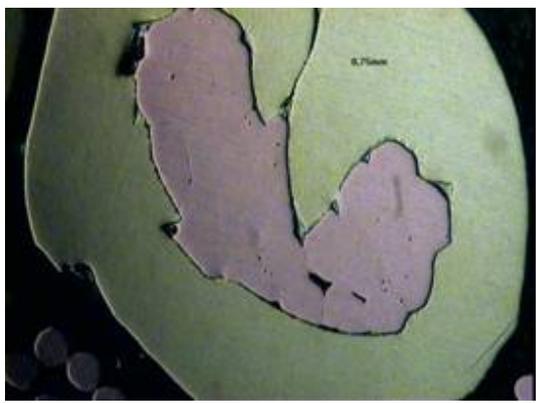
ANTES – Bitola de 0,5mm²



DEPOIS – Bitola de 0,5mm²



ANTES – Bitola de 1,5mm²



DEPOIS – Bitola de 1,5mm²

Figura 31 - Estudo microscópico de fechamento do terminal

O time de trabalho definiu avaliar a *performance* do processo de grimpagem através de um planejamento de experimentos, conforme os passos descritos por Moen (1991):

1) Descrição do problema: Avaliar qual a força ótima de calibração do chicote, pois somente a força mínima é normalizada.

2) Identificação da resposta: A variável de resposta é a força de extração do terminal medida em kgf.

3) Escolha dos níveis e fatores: Nesse estudo, foram definidos dois fatores: O fator força de extração (F) e o fator posicionamento do chicote para a aplicação do terminal (FH).

Para a força de extração, foram considerados 5 níveis variando de 10% da força mínima especificada até 30% superior, sendo:

Nível 1 (F1): 10% abaixo da força de extração mínima especificada

Nível 2 (F2): Força de extração mínima especificada

Nível 3 (F3): 10% acima da força de extração mínima especificada

Nível 4 (F4): 20% acima da força de extração mínima especificada

Nível 5 (F5): 30% acima da força de extração mínima especificada

Para o posicionamento de aplicação (FH), foram considerados dois níveis, sendo:

Nível 1 (FH1): Grimpagem com dispositivo de posição

Nível 2 (FH2): Grimpagem sem o dispositivo de posição

O dispositivo de aplicação tem como objetivo avaliar como o fator humano influencia no processo de aplicação da grimpagem, como pode ser visto na figura 32.

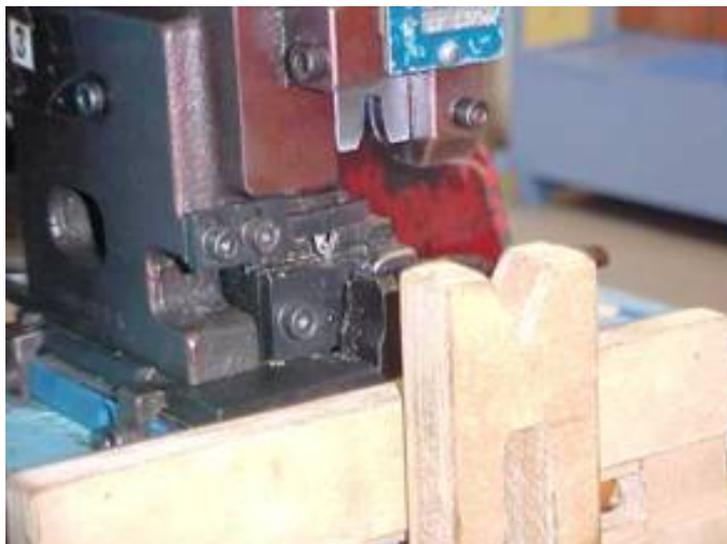


Figura 32 - Dispositivo de posição para a grimpagem dos chicotes

4) Planejamento de experimentos: Este planejamento de experimento avalia a variação da força de extração de calibração em função da posição de grimpagem. A extração foi realizada com fios de bitola de $0,5\text{mm}^2$ e com a repetição do ensaio ($n=2$), apresentando um total de 20 medições. O delineamento experimental foi o fatorial cruzado completo 5×2 .

5) Condições de ensaios: O ensaio foi conduzido com 20 amostras de 300mm e em todas as amostras, os terminais foram aplicados nas condições atuais do processo de montagem do fornecedor. A extração dos terminais foi realizada pela máquina de extração pneumática da empresa de estudo.

6) Análise dos resultados: Os valores médios dos fatores do planejamento de experimentos (DOE) realizado e sua matriz podem ser vistos na tabela 16.

Tabela 16 - Valor médio de força dos fatores do experimento

Posição	Força (kgf)				
	F1	F2	F3	F4	F5
FH1	19,0	23,2	21,8	21,1	18,5
FH2	15,2	19,8	22,1	21,4	17,8

Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o Minitab®

Os resultados gráficos do planejamento de experimentos podem ser vistos na figura 33, onde pode ser evidenciado que o posicionamento não deve ser significativa para o processo. Além disso, a melhor *performance* de fechamento do terminal ocorreu com a força de extração F3 (10% acima da força de extração mínima normalizada). Uma força de aplicação maior que F3 faz com que ocorra um decréscimo na *performance* de extração dos fios devido ao esmagamento do terminal. Assim, foi definido um novo procedimento de calibração das máquinas aplicadoras em 10% acima da mínima exigida pela norma.

Ainda analisando os dados do experimento analiticamente, pode ser concluído que o fator humano, posicionamento no momento da grimpagem, não foi significativo, pois os resultados (valor-p) apresentados pelo software estatístico mostram que somente o fator força de extração é significativo no processo, como pode ser visto na tabela 17.

Para uma variável ser considerada significativa para o processo, considerou-se como variável significativa o valor-p menor que 0,05.

Tabela 17 – Análise de variância do experimento de extração dos chicotes

Variáveis	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Posição	1	11,932	11,932	11,932	3,31	0,084
Força	4	131,263	131,263	32,816	9,11	0,000
Posição*Força	4	25,983	25,983	6,496	1,80	0,168
Erro	20	72,079	72,079	3,604		
Total	29	241,257				

Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o Minitab®

7) Determinação dos níveis ideais: O planejamento de experimentos mostrou que a força de extração de 10% acima da força mínima especificada por norma apresentou os melhores resultados. O posicionamento não é significativo no processo de aplicação do terminal.

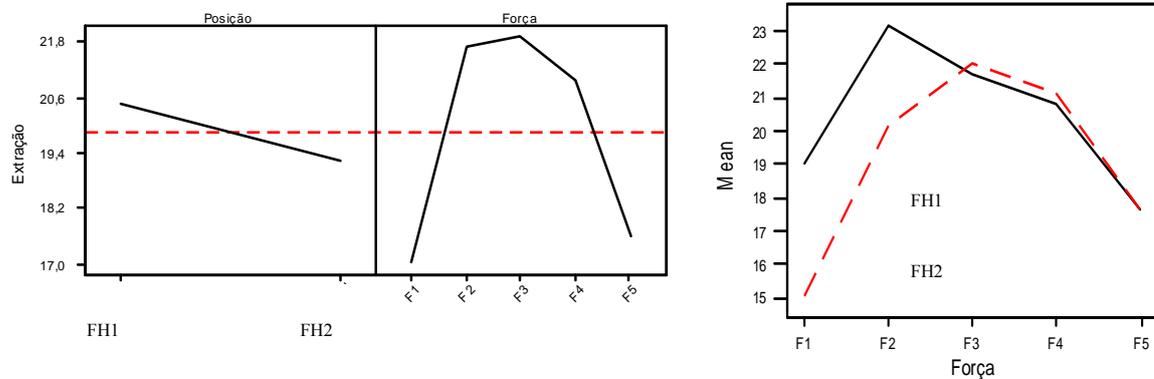


Figura 33 - Resultados gráficos dos fatores do experimento de extração dos chicotes

[Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o Minitab®]

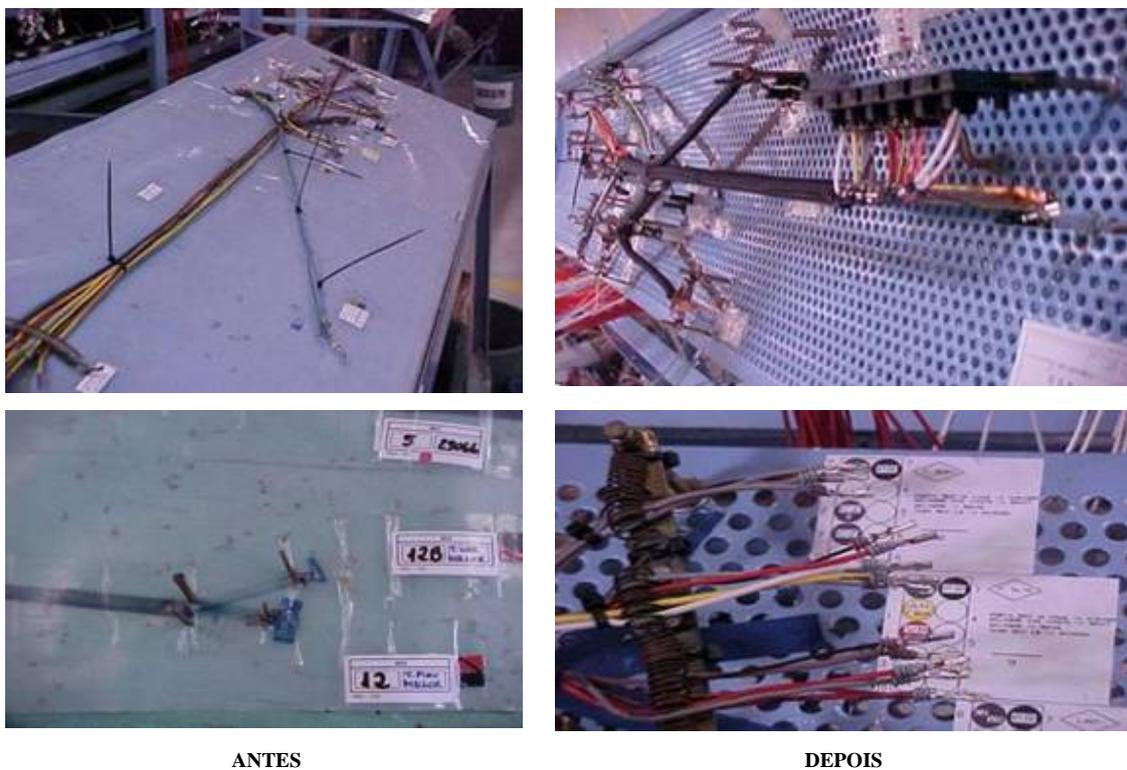
4.1.4.3 Melhorias no Processo de Montagem

Analisando o processo de montagem do fornecedor, foram evidenciadas duas causas reais a serem trabalhadas pelo projeto Seis Sigma que são: Má identificação das mesas de montagem (CR4) e falta de controle na expedição dos chicotes (CR3).

As soluções propostas para estas causas levantadas são ações de fácil e rápida introdução, não necessitando, desta forma, de estudo estatísticos para comprovação da eficácia das mesmas. Assim sendo, o time de trabalho atribuiu ao fornecedor ações imediatas que solucionaram os problemas.

Para a falta de identificação das mesas de montagem, foram desenvolvidas, com ferramental próprio, mesas com identificação visual através de cores, fichas de instruções de montagem com fotos e melhores pontos de fixação do chicote, facilitando a montagem e evitando possíveis erros de inversão de fios. A figura 34 mostra as novas mesas de montagem introduzidas no segundo semestre de 2005.

Para a falta de controle na expedição, foi desenvolvido um documento, *check list*, que deve ser realizado pelo fornecedor na expedição dos chicotes e conferido pelo recebimento de material no cliente. O objetivo desta ação é evitar falta de componentes e identificar se houve extravio dos componentes do chicotes durante o transporte fornecedor-fábrica. A figura 35 mostra um exemplo do novo documento desenvolvido para um determinado tipo de chicote.



ANTES

DEPOIS

Figura 34 – Novas mesas de montagem de chicotes

ITEM	PONTO DE VERIFICAÇÃO	QTDE	CÓD. Forn	CÓD. Cliente	OBSERVAÇÃO	OK
1	Continuidade Elétrica				Testar o chicote 100% na bancada de teste conforme amostra.	
2	Conectores				Verificar presença dos conectores conforme contra-peça teste.	
3	Gravação dos conectores				Verificar se as gravações dos conectores estão legíveis.	
4	Enfitamento				Verificar acabamento da peça.	
5	Prensa cabos				Verificar presença dos presa cabos.	
6	Abraçadeiras				Verificar presença das abraçadeiras.	
7	Borrachas				Verificar presença das borrachas.	
8	Trava dos conectores				Verificar presença das travas dos conectores.	
9	Identificação do Chicote				Verificar se identificação do chicote está correta.	
10	Furo dos olhais				Verificar se o diâmetro do olhas está conforme plano de exame.	
11	Termo-retráteis				Verificar presença e posicionamento correto dos termo-retráteis.	
12	Identificação dos cabos				Verificar se identificação dos cabos estão legíveis.	
13	Embalagem				Verificar se embalagem está identificada corretamente.	
14	Derivações				Verificar presença das derivações conforme plano de exame.	
15	Qtde. de chicotes				Verificar se quantidade de chicotes está conforme pedido.	
16	Conexão dos terminais				Verificar se os terminais estão bem conectados nos conectores.	

Figura 35 - Novo *Check List* na expedição de chicotes

4.1.4.4 Desatualização de Desenhos

Vinculado ao processo de montagem, a outra causa real que foi evidenciada foi a desatualização dos desenhos entre a empresa e o fornecedor. No entanto, o time de trabalho ressaltou que as causas vinculadas a desatualização dos desenhos estão sendo trabalhadas em outro projeto da empresa.

Assim, as ações do time foram direcionadas para a atualização dos desenhos que apresentarem diferentes emissões ou que apresentem diferentes sufixos no banco de dados do fornecedor. Também foi acordado que nenhuma alteração de preço seria feita, independente das alterações que deveriam ser realizadas.

Em suma, foram atualizados 142 em um total de 338 desenhos como pode ser visto na figura 36.

CONTROLE DE DESENHOS					
ITEM	EMISSÃO		DOCUMENTO	CDC	ALTERAÇÕES
	CDC	PASTA	AT/ECO/AE/LPN	DATA	
022660P1	3	3	AE 18080-01	OK	DESENHO RASGADO
1618920	6B	7	NC	6/7/1999	DESENHO ILEGIVEL
28760642	2	2	AE 18964-01	NC	OK
28780326	8	NC	NACIONALIZAÇÃO	25/11/1999	DESENHO RASURADO
28780365	4	8	LPN 9243-01	23/6/1999	DESENHO RASURADO
28780380	8	7	LPN 9243-01	7/7/1999	DESENHO RASURADO
28780388	23	23	LPN 9243-01	23/6/1999	DESENHO RASURADO
28780391		4			SEM CDC/DES. RASURADO
28780531	3	3	LPN 9243	29/7/1999	OK
28780961	12	12	LPN 9243-01	20/7/1999	DESENHO RASURADO

Figura 36 – Planilha parcial de atualização de desenhos

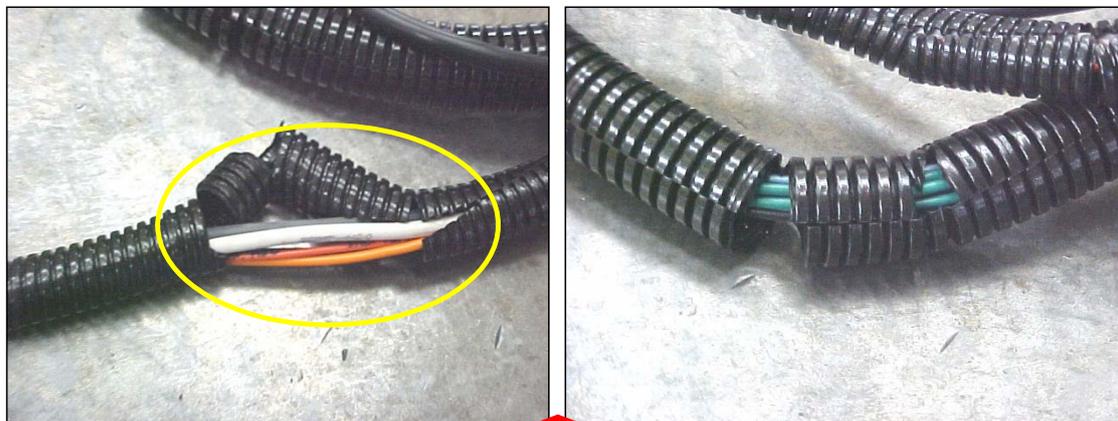
4.1.5 Control – Resultados Atingidos

O *Control* é a etapa em que a eficácia dos resultados das ações implementadas são verificados, possibilitando que os aprimoramentos obtidos sejam mantidos na organização e se transformem em novos padrões de operação e desempenho.

Em relação aos padrões desenvolvidos, todas as ações implementadas na linha de montagem do fornecedor, como por exemplo, plano a introdução do documento de verificação da expedição e novos valores para calibração das máquinas de aplicação, tornaram-se procedimentos operacionais conforme a ISO 9000. Exemplo de uma instrução visual pode ser vista na figura 37.

ATENÇÃO

Quando utilizar o cadinho



CUIDADO!
O FLUXO NÃO PODE ENTRAR CONTATO
COM OS CORRUGADOS, ELES PODEM
QUEBRAR.

Figura 37 – Instrução visual na linha de montagem do fornecedor

Quanto aos resultados do projeto Seis Sigma, o índice de devolução do fornecedor de chicotes elétricos vem reduzindo nos últimos meses conforme pode ser visto na figura 38. A devolução dos últimos 12 meses atingiu a média de 930 PPM em novembro de 2005, alcançando uma redução de 49,5%, ainda não superando a meta geral do projeto.

Analisando o indicador de devolução do fornecedor de chicote elétrico, observou-se que a curva apresenta uma tendência de queda, principalmente a partir do mês de junho, onde as principais ações foram implantadas.

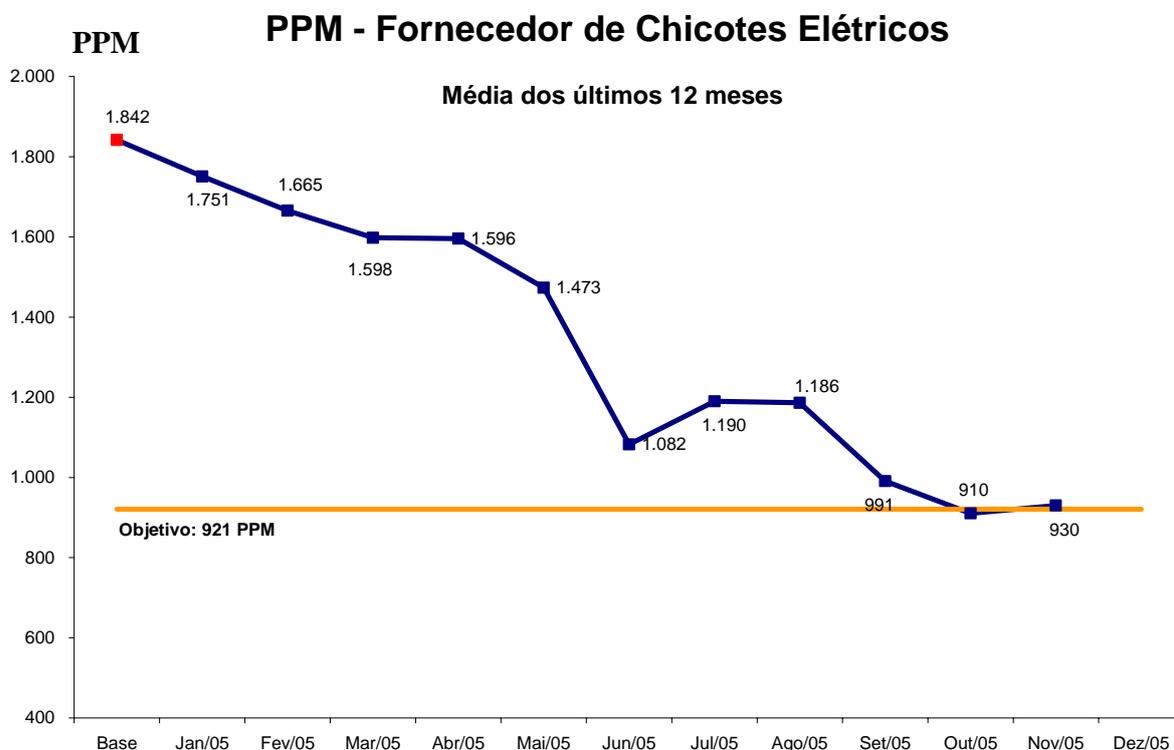


Figura 38 – Índice de Devolução do fornecedor em PPM nos últimos 12 meses

Preventivamente, o time de trabalho definiu as seguintes ações a serem tomadas pelo fornecedor para evitar que o índice de devolução do fornecedor torne a aumentar ao longo do tempo:

- Manutenção bimensal dos mini aplicadores e máquinas de aplicação;
- Calibração semestral do dinamômetro para extração dos terminais;
- Contratação de uma pessoa de responsabilidade do fornecedor para acompanhar o processo de montagem no cliente;
- Treinamento para todos os novos operadores envolvidos com a aplicação e montagem dos chicotes elétricos com atualização anual conforme plano de treinamento da fornecedor;
- Atualizar relatórios gráficos informativos distribuídos na fábrica para alertar pontos críticos de montagem.

Além disso, o time de trabalho desenvolveu junto com o fornecedor um fluxograma conforme pode ser visto na figura 39. O objetivo deste fluxograma é definir um plano de ação corretivo com o objetivo de definir, passo a passo, o que deve ser realizado caso um novo problema for encontrado.

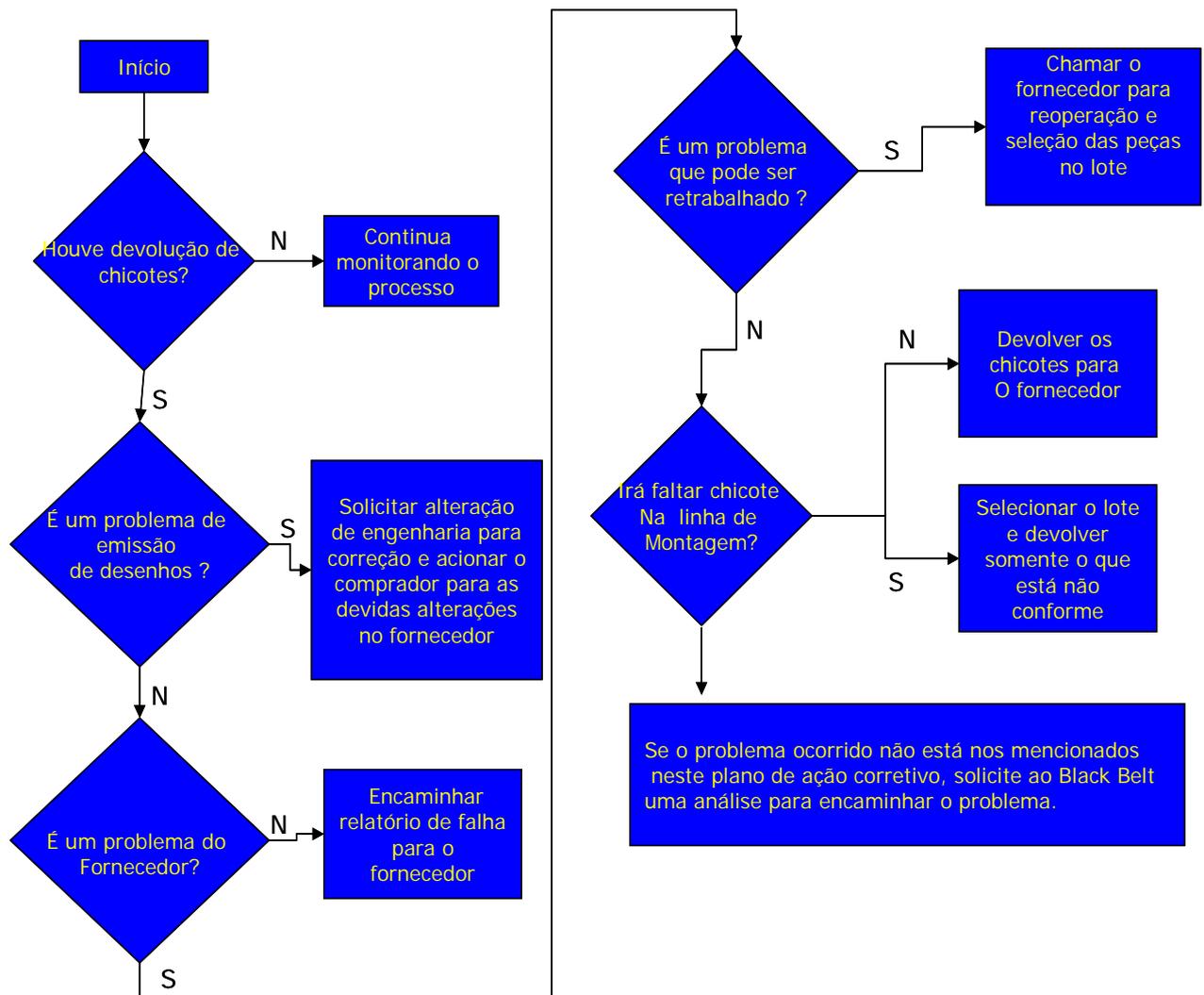


Figura 39 - Fluxograma do plano corretivo

Devido aos resultados significativos de redução do índice de devolução do fornecedor e as melhorias de processo ocorridas, como por exemplo, redução de sucata interna e retrabalho no cliente, foi acordado entre cliente e fornecedor um percentual de redução de custo no valor bruto total fornecido. Os valores não podem ser divulgados devido a confidencialidade dos dados da empresa.

Por exemplo, se o acordo entre empresa e fornecedor for de 1% e se o fornecedor apresentar um faturamento bruto anual de R\$ 10.000.000,00. A empresa terá uma redução de custo de R\$ R\$ 100.000,00 anuais como consequência do sucesso do projeto no fornecedor.

4.2 Registrar o aprendizado da Aplicação do DMAIC no Fornecedor

Nesse momento ao final do projeto, etapa 7 do método proposto de aplicação, o *Black Belt* deve registrar todos os aspectos que interferem na aplicação do projeto Seis Sigma para aperfeiçoamento e melhoria nos projetos futuros. Desta forma, deve-se ficar registrado o aprendizado da equipe como forma de melhores práticas para projetos futuros.

Alguns aspectos relevantes no projeto seis sigma a fornecedores podem ser destacados. O primeiro aspecto é o foco do problema durante o desenvolvimento do projeto. A utilização de ferramentas de qualidade para estratificação dos problemas é relevante para poder direcionar quais os caminhos a serem percorridos no projeto. Recomenda-se que todas as informações sejam coletadas de forma científica a fim de garantir a confiabilidade dos dados. Informações sem confiabilidade dificilmente conseguirão encontrar a causa raiz, atrasando e não permitindo que o projeto alcance os objetivos.

O segundo aspecto é evitar que as ações desenvolvidas na etapa do *Improve* fiquem sob responsabilidade dos operadores. Esse tipo de ação é imediatista e tende a não ter resultados em longo prazo, pois a ênfase deve ser dada em melhorias no processo. O desenvolvimento de técnicas a prova de erro ou a formalização de padrões são as ações de melhor resultado para se atingir um objetivo a longo prazo.

O terceiro aspecto foi o tempo de dedicação do fornecedor para o desenvolvimento do projeto. A vinculação do projeto com os objetivos do fornecedor e o comprometimento da alta gerência na obtenção de resultados com a utilização da metodologia, fez com que o mesmo dedicasse tempo integral para o desenvolvimento das análises e ações. Assim, melhorias simples e de curto prazo, como a alteração do *Check List* de inspeção, alterações no roteiro de montagem e disseminação de instrução das melhores práticas para montagem de chicotes elétricos, foram rapidamente implementadas, gerando importantes resultados.

O último aspecto é conseguir obter o envolvimento do time de trabalho, com o objetivo de buscar o comprometimento dos mesmos. O *Black Belt* deve manter o time de trabalho com as informações atualizadas, apresentando periodicamente qual a etapa em que o projeto se encontra, quais são as pendências e quais são os próximos passos a serem desenvolvidos. O comprometimento de todos ocorre pelo nível de responsabilidade que o *Black Belt* compartilha com o seu time de trabalho. As vantagens, dentro da empresa ou fornecedor, são o reconhecimento perante a gerência, oportunidade de crescimento profissional e do reconhecimento pelo desenvolvimento do projeto. Nesse momento, o perfil de liderança se torna importante e este é um ponto chave para o sucesso de um projeto Seis Sigma.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de projetos baseado na metodologia Seis Sigma em fornecedores é uma maneira de melhorar a qualidade das operações da cadeia de suprimento. Pode-se dizer também, que essa metodologia é abrangente e flexível para sustentar a vantagem competitiva das empresas, pois o Seis Sigma é singularmente impulsionado pela compreensão das necessidades dos clientes, uma filosofia disciplinada de solucionar problemas baseados na análise estatística e pela atenção a gestão dos processos com ênfase na melhoria da qualidade.

Os resultados de um projeto Seis Sigma são apresentados de acordo com a metodologia DMAIC. Tradicionalmente, existem outras metodologias, como o TQM e o PDCA por exemplo, que de certa forma formam a base para desenvolvimento do Seis Sigma nas empresas como um todo.

O TQM (*Total Quality Management*) foi antecessor do DMAIC. Em certo sentido, mais do que um sistema de gestão com fundamento científico, o TQM é uma filosofia, mas não colocava o foco nas medições, enquanto no Seis Sigma elas exercem papel fundamental.

A aplicação dessa metodologia em fornecedores faz com que ocorra uma maior aproximação entre os elos da cadeia de suprimentos, de forma que os fornecedores entendam quais são os requisitos e necessidades dos clientes intermediários e finais, fazendo com que surja o comprometimento dos mesmos com a satisfação, percepção e retenção dos clientes.

Esse tipo de iniciativa nas organizações parece ser uma necessidade, uma vez que a globalização acentuou a competitividade, onde a eliminação do desperdício e a eficiência das operações, conduzidas com suporte metodológico, são ações essenciais para a sobrevivência das empresas.

O programa Seis Sigma tem se mostrado como uma poderosa ferramenta para resolução de problemas crônicos e de difícil solução, principalmente na análise das causas, antes que qualquer ação seja efetivamente tomada. No entanto, existem alguns aspectos teóricos que podem ser contrastados com a aplicação da metodologia em um estudo de caso real, como foi o caso deste trabalho.

Para o desenvolvimento de projetos Seis Sigma, a teoria oferece um grande número de ferramentas estatísticas e de qualidade para a resolução dos projetos, cabendo ao especialista escolher aquelas que melhor se enquadram para uma análise e solução efetiva. No entanto, o projeto desenvolvido atingiu resultados satisfatórios junto ao fornecedor com a utilização de ferramentas simples e já bastante conhecidas. A correta escolha dessas ferramentas reduz o tempo de implementação das ações e evita investimentos desnecessários, cabendo ao *Black Belt* definir quais as de melhor custo/benefício. A compreensão do problema e o raciocínio baseado em dados são extremamente importantes para o entendimento e solução do problema em questão.

Embora as ferramentas estatísticas utilizadas no Seis Sigma não sejam novas, esta abordagem acrescenta considerável valor a elas, ao formalizar seu uso de forma integrada, num caminho lógico que evita empregá-las isolada e individualmente. Desta forma, desenvolve-se um padrão de medição e coleta de dados, além de disseminar as ferramentas em toda a organização.

O treinamento em Seis Sigma é baseado na interpretação de dados dos resultados do *software* e, na maioria das vezes, isso é suficiente para alcançar os objetivos de um projeto.

Dentro do conceito DMAIC, os projetos devem seguir a metodologia, buscando analisar todas as causas e possíveis soluções, antes de implementar as de melhor custo/benefício. No entanto, durante os estudos iniciais do projeto, constata-se que algumas ações podem ser tomadas imediatamente, sem a necessidade de analisar as causas através de ferramentas estatísticas. São problemas que podem ser resolvidos sem grandes intervenções gerenciais e com ações simples, mas são necessárias para que todas as causas já de conhecimento da equipe sejam eliminadas.

O tempo de dedicação do *Black Belt* é outro ponto importante que diverge entre a teoria e a prática, pois as empresas estão cada vez mais reduzindo o seu quadro funcional e procurando pessoas multifuncionais para o dia a dia. A teoria cita a importância da dedicação do *Black Belt* no desenvolvimento do projeto e vincula a ele o sucesso do mesmo. Para contornar esse problema, deve-se procurar um profissional que tenha espírito de liderança e tenha habilidades multifuncionais.

Esse perfil é realmente um fator chave de sucesso, pois existe a tendência das pessoas em voltarem a ocupar naturalmente as agendas com os compromissos assumidos anteriormente, mesmo com o apoio da alta gerência para o desenvolvimento do programa Seis Sigma. Se não houver um perfil pró-ativo e de liderança do *Black Belt* na condução do projeto, o sistema e a cultura da empresa tende a pressioná-lo a desistir dos objetivos Seis Sigma.

A bibliografia concernente à metodologia Seis Sigma também revela que o prazo médio para a implementação de ações que possam resultar em melhorias é de seis a doze meses, ou seja, o reflexo dos resultados nos indicadores tende a aparecer após a implementação das ações mais efetivas. No projeto desenvolvido neste trabalho, os resultados demonstram que somente o envolvimento das pessoas na análise do problema já traz melhorias significativas para o processo nos primeiros meses, visto que o indicador de PPM reduziu logo no início do projeto. No entanto, para conseguir a sustentabilidade deles e atingir o objetivo final, o DMAIC deve ser desenvolvido.

Desta forma, conclui-se que muitos processos não apresentam melhorias na qualidade, devido a falta de comprometimento e comodismo das pessoas envolvidas no processo em estudo, falta de cobrança dos responsáveis ou falta de foco em resultados. O simples fato de envolver as pessoas certas já faz com que resultados sejam atingidos rapidamente. No entanto, para o alcance dos objetivos de um projeto Seis Sigma, o *Black Belt* deve desenvolver processos mais robustos e criar mecanismos para não depender das pessoas.

Uma crítica quanto ao conceito do DMAIC é quanto a sua reatividade no desenvolvimento de um projeto Seis Sigma, pois todo projeto é vinculado de acordo com um problema que já ocorreu ou que está ocorrendo de forma crônica e sem solução. O DMAIC não atua de forma preventiva, por essa razão projetos baseados em *Design for six Sigma* (DFSS) são uma extensão natural de aplicação nas empresas.

Em suma, os principais pontos de aprendizado quanto ao programa Seis Sigma pode ser vistos na tabela 18.

Tabela 18 - Aprendizado do método quanto ao programa Seis Sigma

ASPECTOS DO PROGRAMA SEIS SIGMA	PRÁTICA
1. Utilização de ferramentas estatísticas e de qualidade para resolução de projetos.	Não utilizar as ferramentas somente por utilizar. Buscar não burocratizar o projeto e otimizar o tempo com ações efetivas. Primeiro planeje e depois escolha aquelas ferramentas de melhor custo/benefício no desenvolvimento de projeto.
2. Necessidade dos <i>Black Belts</i> de serem especialistas em ferramentas baseadas no conhecimento estatístico.	Não é mandatório. As empresas fornecem suporte de outros <i>Black Belts</i> , ou <i>Master Black Belts</i> ou de uma empresa de consultoria na coleta e análise de dados para a melhor tomada de decisão.
3. Seguir passo a passo o DMAIC.	Sempre que forem identificadas ações que possam ser tomadas imediatamente, faça-as. Não é preciso utilizar ferramentas para ações simples e rápidas.
4. Perfil adequado para a coordenação e desenvolvimento de projetos.	Pessoas com perfil pró-ativo, com alta capacidade de comunicação e, principalmente com perfil de liderança apresentam maiores chances de sucesso de conclusão de um projeto dentro do prazo e com os objetivos alcançados.
5. Tempo de implementação de projetos definido como de médio e longo prazo.	O <i>Black Belt</i> realizará o projeto de acordo com o tempo estipulado pela empresa e a sua devida cobrança. O tempo de implementação dependerá diretamente do tempo de dedicação ao projeto.
6. Tempo de dedicação dos <i>Black Belts</i> no desenvolvimento e coordenação de projetos.	O tempo de dedicação dependerá diretamente de sua gerência ou <i>Champion</i> . Cabe a ele definir o que é ou não prioritário ao especialista no desenvolvimento e gerenciamento do projeto.

No âmbito de novos projetos Seis Sigma, concluem-se três aspectos chave para a sua condução e que também podem ser considerados como sugestões para projetos futuros.

O primeiro aspecto é definir um banco de dados confiável para análise do histórico e estratificação do problema e, caso ele não esteja disponível, recomenda-se coletar os dados antes de iniciar o projeto. Estes dados devem ser vinculados ao sistema de informações da empresa, de modo que possam ser validados pelo departamento financeiro para cálculos do retorno do projeto. Isto facilitará a definição das métricas ou indicadores do projeto e fará com que o *Black Belt* analise dados reais para buscar a solução do problema, evitando qualquer ruído do processo.

O segundo aspecto refere-se a atuação do departamento financeiro. Ele é ponto fundamental para a conclusão do projeto e também para a motivação das pessoas. O time de trabalho deve apresentar uma pessoa responsável para validar financeiramente o projeto desde a etapa de definição do escopo. Isso é importante para evitar que um projeto, que alcance os objetivos traçados pela empresa, tenha os ganhos previstos limitados ou diminuídos no momento da validação, ocasionando desmotivação e descontentamento pelo trabalho todo desenvolvido.

O terceiro aspecto é que toda a ação tomada, como atividades aparentemente informais, visitas, reuniões, troca de emails, deve ser formalizado em forma de minutas, fotos ou qualquer documento que registre os caminhos que o *Black Belt* percorre para alcançar os objetivos, mesmo que os mesmos não sejam obtidos com êxito. Esse procedimento evita que as pessoas duvidem ou critiquem os resultados e dados apresentados. Além disso, estes documentos facilitam o *Black Belt* a consolidar o relatório final que o submeterá a certificação.

Apesar da maioria das ações desenvolvidas neste projeto estarem diretamente ligadas ao processo de manufatura e ao controle de produção, existem outras características importantes, e não técnicas, que ficam implícitas com a implementação das etapas do DMAIC.

Uma destas características é a mudança de cultura introduzida de uma empresa, com o aprendizado da metodologia Seis Sigma, na qualificação dos colaboradores e parceiros que atuam junto ao programa. A transformação cultural para lidar com fatos e dados significa também uma mudança na forma de gestão dos processos, fazendo com que barreiras e dificuldades sejam naturalmente impostas pelos colaboradores das empresas. Foram fundamentais para o gerenciamento da mudança dois fatores:

a) Preparação para a mudança

O ponto chave para o gerenciamento da mudança é fazer com que as pessoas tenham consciência da necessidade dela e o que ela implicará para os objetivos da empresa. Desta forma, o treinamento referente a metodologia Seis Sigma, conduzido junto aos colaboradores, sobre aplicação da metodologia, forma de trabalho, objetivos e benefícios da metodologia, trouxeram um maior comprometimento para a coleta e análise dos dados e a preocupação em organizar um banco confiável de dados para consulta. Através dessa capacitação, todos entenderam que o Seis Sigma é uma metodologia que realiza a análise dos fenômenos de forma clara, baseada em fatos, sem apresentar ambigüidades.

b) Foco no cliente

Os melhores projetos Seis Sigma começam fora da empresa, procurando responder questões como: É possível tornar o cliente mais competitivo? Qualquer ação realizada junto ao cliente trará retorno financeiro?

Foi com esse enfoque que o projeto foi definido com o fornecedor de maneira a buscar o seu comprometimento em função do seu objetivo de qualidade com o cliente e, em conseqüência disso, reduzir os seus custos. A ligação do impacto financeiro com a satisfação do cliente foi fundamental para a mudança de cultura proveniente da alta administração do fornecedor.

O método aplicado no desenvolvimento desse trabalho pode abranger qualquer tipo de projeto a ser realizado em fornecedores para qualquer tipo de indústria. As variações irão depender somente das características do negócio e quais os objetivos definidos para a implantação de um projeto utilizando a metodologia Seis Sigma. Essa flexibilidade é um dos motivos dessa metodologia estar se disseminando em todo tipo de empresa.

Em suma, o desafio do Seis Sigma não é somente a aplicação de estatística, mas sim, alcançar um ponto em que o desempenho do negócio possa ser medido contra um mercado dinâmico e flexível, no qual os requisitos dos clientes mudam rápida e constantemente. Isso exige habilidade para responder as alterações, necessidades e

desejos do mercado que estão diretamente ligados aos processos operacionais.

Como contribuição final, a tabela 19 registra um resumo do aprendizado da aplicação do método baseado no DMAIC junto ao fornecedor conforme os fatores críticos de sucesso descrito no item 2.3.4.

Tabela 19 - Aprendizado do método quanto aos fatores de sucesso do Seis Sigma em fornecedores

Fatores Críticos de Sucesso	Autor	Recomendações
1. Comprometimento da alta direção	Coronado e Antony (2002) Marash (2000)	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar o comprometimento através da vinculação das metas do projeto com as metas do fornecedor com a empresa. • Periodicamente, apresentar junto a alta direção os resultados dos ganhos financeiros.
2. Mudança Cultural	Eckes (2000) Marash (2000)	<ul style="list-style-type: none"> • Envolver e orientar as pessoas chaves do fornecedor. • Buscar um projeto que vincula a imagem do produto do fornecedor ao cliente final
3. Ênfase em Treinamento	Coronado e Antony (2002)	<ul style="list-style-type: none"> • O treinamento junto ao fornecedor pode ser ministrado pelo <i>Black Belt</i>. Cabe a ele suportar e auxiliar as pessoas chaves na condução dos estudos e/ou experimentos e na apresentação dos resultados.
4. Escolha do projeto baseado na estratégia de negócio	Coronado e Antony (2002) Marash (2000)	<ul style="list-style-type: none"> • Todo o projeto deverá ser definido a partir dos indicadores de <i>performance</i> dos fornecedores junto a empresa. A vinculação das metas a estratégia é fator fundamental.
5. Foco no cliente	Pande <i>et al.</i> (2000) Marash (2000)	<ul style="list-style-type: none"> • A escolha do fornecedor pela empresa deve salientar quanto o fornecedor escolhido agrega valor ao cliente final.

6. Desenvolvimento de Fornecedores	Pande <i>et al.</i> (2000)	<ul style="list-style-type: none">• Buscar parceria com o fornecedor para o desenvolvimento do projeto e não uma obrigação.
7. Uso de Ferramentas e técnicas	Pande <i>et al.</i> (2000) Bayle <i>et al.</i> (2001)	<ul style="list-style-type: none">• Utilizar as ferramentas como base para coleta de dados e fatos reais para que as decisões sejam mais confiáveis.

6. CONCLUSÕES

Esse trabalho teve o objetivo de desenvolver um método baseado no conceito Seis Sigma para melhorar a *performance* de qualidade de um fornecedor da empresa de estudo. Na abordagem, foram enfatizados a importância do desenvolvimento de fornecedores como vantagem competitiva e o desdobramento da metodologia Seis Sigma a fim de obter um resultado qualitativo e quantitativo junto ao fornecedor.

O estudo de caso serviu a empresa como o primeiro projeto a ser desenvolvido em parceria com um fornecedor e também para avaliar o *Black Belt* no desenvolvimento de um projeto utilizando o Seis Sigma. A apresentação e o desdobramento do trabalho através do DMAIC auxiliaram no entendimento da metodologia Seis Sigma, definindo um método de trabalho para atingir os caminhos propostos.

O trabalho iniciou descrevendo como o desenvolvimento de fornecedores é importante para obter uma vantagem competitiva na indústria de máquinas agrícolas e sobre a metodologia Seis Sigma. Em seguida, foi desenvolvido um método de trabalho para entender o cenário da empresa em estudo, além de avaliar, escolher e conscientizar o fornecedor a desenvolver um projeto Seis Sigma. Este projeto foi selecionado baseado no planejamento estratégico da empresa. Por fim, foi aplicado o método DMAIC, etapa por etapa, de forma a obter os resultados finais, registrando o aprendizado do projeto e do programa Seis Sigma.

Com a aplicação da metodologia Seis Sigma, foram identificadas causas reais que estavam relacionadas diretamente com os processos de manufatura do fornecedor. Para análise dos problemas foram utilizadas as seguintes ferramentas: Paretos (DOTY, 1996), Mapa de processo (HARRINGTON, 1993), Arvore de falhas (CHENG, 1995), análise de capacidade de processo (O'HANLON, 1994) e planejamento de experimentos (MOEN, 1991).

Esse trabalho teve também como objetivo específico, aplicar a metodologia Seis Sigma para reduzir o índice de componentes entregues com defeito pelo fornecedor. O resultado final do projeto atingiu 49,5% de redução de PPM. Além disso, resultados financeiros foram obtidos, alcançando uma redução de 1% do valor total bruto fornecido.

Com o propósito de desenvolver mecanismos para auxiliar no comprometimento do fornecedor, objetivo específico desse trabalho, o envolvimento de pessoas chave do fornecedor, a orientação da metodologia através de treinamentos e reuniões periódicas realizados pela empresa de estudo e a definição de objetivos referentes ao planejamento estratégico entre empresa e fornecedor, como o índice de PPM, foram os pontos fundamentais.

Também como objetivo específico desse trabalho, é possível perceber o crescimento da parceria cliente-fornecedor, com o objetivo da empresa apresentar uma vantagem competitiva no desenvolvimento de fornecedores. A troca de informações referentes à tecnologia e inovações faz com que ambos se sustentem no mercado competitivo, buscando constantemente a excelência nos processos produtivos e administrativos. Nesse sentido, o Seis Sigma representa um aliado importante, viabilizando a criação de dispositivos, alterações em processos e outros investimentos com foco na satisfação do cliente final.

Além disso, é importante salientar a mudança comportamental do fornecedor na análise de novos problemas. Uma nova postura do fornecedor de como lidar com os problemas, visando o cliente final e buscando analisá-los de forma estruturada e baseada em fatos, faz com que obtenha uma vantagem diante de seus concorrentes.

Na seqüência realizou-se também, uma comparação dos fatores críticos de sucesso com a prática observada na empresa. Vários aspectos do programa Seis Sigma citados na teoria, não são regras na prática, como o baixo tempo de dedicação dos especialistas, por exemplo. Portanto, cada empresa apresenta uma cultura para implantar essa metodologia e a flexibilidade do Seis Sigma é o ponto chave para o seu sucesso nas organizações.

Como consideração final, ressalta-se que independentemente do rótulo, as empresas devem ter seus programas de qualidade com metas estabelecidas e decisões baseadas numa visão mais científica e menos empírica. Esse avanço, já conquistado na manufatura, pode ser estendido a processos administrativos, onde a empresa deve estabelecer um conjunto de ferramentas mais adequado ao seu produto e à forma atual de trabalho.

Concluindo, não importa o rótulo, seja Seis Sigma, DFSS, ou outro qualquer. O que importa é que a cultura de solução de problemas seja uma rotina nas empresas brasileiras e com isso possa se promover avanços tecnológicos pelo entendimento dos fenômenos e do uso da ciência.

6.1 Sugestões para trabalho futuros

O conhecimento deve estar sempre evoluindo, de forma a se construir hoje a base para de novos conhecimentos. Sendo assim, sugere-se que novos trabalhos possam englobar os assuntos:

- Avaliar as necessidades das empresas quanto ao desenvolvimento da metodologia *Design for Six Sigma* (DFSS) e como elas estão preparadas para desenvolverem este tipo de projeto;
- Compreender o nível de maturidade das empresas quanto a possibilidade de implantação do programa Seis Sigma ou o DFSS;
- Avaliar a cultura da cadeia de suprimentos para colaborar com a implementação da metodologia Seis Sigma nos seus clientes;
- Desenvolver novos projetos utilizando a metodologia Seis Sigma em fornecedores de outras *commodities*.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Léo G. Gerência de processo: mais um passo para a excelência. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 1993.

ANFAVEA, Disponível em (<http://www.anfavea.com.br>). Acesso restrito em 05 de maio de 2005.

ARNOLD, J. R. Tony. Administração de Materiais: uma introdução. São Paulo: Atlas, 1999.

ANTONY, Fiju. Some pros and cons of six sigma: Na academy perspective. TQM magazine. Vol 16, Nº 4, pp303-306, 2004.

BAILY, Peter; FARMER, David; JESSOP, David; JONES, David. Compras: princípios e administração. São Paulo: Atlas, 2000.

BAYLE, P., FARRINGTON, M., SHARP B, HILD C. AND SANDERS D., Illustration Of Six Sigma Assistance On A Design Project, Quality Engineering, nº 03, 2001, p.341-348.

BOWERSOX, Donald J. Logística Empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos. São Paulo: Atlas 2001.

BOWERSOX, Donald J.; COOPER, M.B. *Strategic Marketing Channel Management*. New York: McGraw-Hill, 1992.

BRASSARD, Michael. The memory jogger: qualidade ferramentas para uma melhoria contínua. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 1985.

CAMPOS, Marco Antonio Siqueira., Seis Sigma - Presente e Futuro. **Artigo Internet**, POA 2003. Disponível em www.siqueiracampos.com. Acesso em Novembro de 2005.

CASAROTTO FILHO, Nelson. Gerência de projetos / engenharia simultânea. São Paulo: Atlas, 1999.

CHENG, Lin Chih. QFD: planejamento da qualidade. Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Christiano Ottoni, 1995.

CHING, Hong Yuh. Gestão de Estoques na Cadeia de Logística Integrada: *supply chain*. São Paulo: Atlas, 1999.

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: estratégia, planejamento e operação. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

COGO, Carlos, Consultoria agroeconômica (<http://www.carloscogoconsultoria.com.br>). Acesso restrito em 05 de maio de 2005.

CORONADO, R. B. e ANTONY, J., Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organisations, The TQM Magazine, 2002, p. 92-99.

DAVIS, Mark; AQUILANO, Nicholas J; CHASE, Richard B. Fundamentos da Administração da Produção. Porto Alegre: Bookman, 2001.

DOTY, Leonard A. Statistical process control. New York: Industrial Press Inc., 1996.

ECKES, G., The Six Sigma Revolution, John Wiley and Sons, New York, NY, 2000.

FLEURY, Paulo Fernando. O Sistema de Processamento de Pedidos e a Gestão do Ciclo de Pedido. Artigo Copead, 2003.

HARRINGTON, James. Aperfeiçoando processos empresariais. São Paulo: Makron Books, 1993.

IMAM. Gerenciamento da Logística e Cadeia de Abastecimento. São Paulo: Instituto IMAM, 2000.

JURAN J.M. Planejando a Qualidade. São Paulo: Pioneira, 1992.

KAPLAN, R., Balanced Scorecard. HSM Management, p. 120-126, 1998

KOTLER, PHILIP, Marketing para o século XXI. São Paulo. Futura, p. 305, 2001

KOTLER, PHILIP, Pensar globalmente, atuar localmente. HSM Management n.2, maio / junho, p. 6-12, 1997

KRAUSE, D.R., ELLRAM, L.M., Critical elements of supplier development, European Journal of Purchasing and Supply Management. Vol 3, 1997.

KUME, Hitoshi. Métodos estatísticos para melhoria da qualidade. São Paulo: Editora Gente, 1993.

MARASH, S. A., Six Sigma: Business Results Through Innovation, ASQ's 54th Annual

Quality Congress Proceeding, 2000, p. 627-630.

McCAMEY, D. A., More, better, faster from total quality effort. In Quality Progress volume 32 / 8 de agosto 1999. American Society for Quality.

MINITAB[®], *Data analysis and statistical software*, Version 14, 2005.

MOEN, Ronald D., Nolan, Thomas W., Provost, Lloyd P. Improving quality through planned experimentation. USA: McGraw-Hill, 1991.

O'HANLON, Tim, O auditor líder: uma história sobre auditoria de sistemas da qualidade. São Paulo: Pioneira, 1994.

PANDE, P.S., NEUMAN, R. e CAVANAGH, R.R., *The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Other Top Companies are Honing their Performance*, McGraw-Hill, New York, NY, 2000.

PORTER, M. E. *Estratégia: a busca da vantagem competitiva*. Rio de Janeiro: Campus, p.31-56, 1998.

PORTER, M.E., *Estratégia Competitiva: Técnicas para análises e da concorrência*. Rio de Janeiro: Campus, p. 21-48, 1986

REICHELDT, F., *A estratégia da lealdade*. Rio de Janeiro. Ed. Campus, 2000.

ROSS, Phillip J. *Taguchi techniques for quality engineering: loss function, orthogonal experiments, parameter and tolerance design*. USA: McGraw-Hill Book Company, 1988.

TUCKER, ROBERT., *Agregando valor a seu negócio*. São Paulo: Makron Books, p. 232, 2001

WERKEMA, CRISTINA., *Criando a cultura Seis Sigma. Volume 1*, Qualitymark Editora Ltda, 2002

ZAIRI, MOHAMED., *O Verdadeiro significado da Competição*. HSM Management n.3, jul/ago. p.86-94, 1997.