

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

João Marcelo de Oliveira

**REDUÇÃO DE COMPONENTES DE CHICOTES ELÉTRICOS
PARA UM NOVO PROJETO EM INDÚSTRIA AUTOMOTIVA
UTILIZANDO A METODOLOGIA SEIS SIGMA**

TAUBATÉ – SP

2018

João Marcelo de Oliveira

**REDUÇÃO DE COMPONENTES DE CHICOTES ELÉTRICOS
PARA UM NOVO PROJETO EM INDÚSTRIA AUTOMOTIVA
UTILIZANDO A METODOLOGIA SEIS SIGMA**

Monografia apresentada para obtenção do certificado de Pós Graduação em especialização em Engenharia de Qualidade – Lean Seis Sigma Green Belt do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Álvaro Azevedo Cardoso, PhD

TAUBATÉ – SP

2018

João Marcelo de Oliveira

**REDUÇÃO DE COMPONENTES DE CHICOTES ELÉTRICOS PARA UM NOVO
PROJETO EM INDÚSTRIA AUTOMOTIVA UTILIZANDO A METODOLOGIA SEIS
SIGMA**

Monografia apresentada para obtenção do certificado de Pós Graduação em especialização em Engenharia de Qualidade – Lean Seis Sigma Green Belt do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Álvaro Azevedo Cardoso, PhD

DATA: _____

RESULTADO: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Álvaro Azevedo Cardoso – Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Profa. Juliana de Lima Furtado – Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Dedico este trabalho à minha família que sempre me incentivou aos estudos, minha esposa e ao nosso bebê, que está a caminho, pelo apoio em todos os momentos e à Deus, que, sem Ele, nenhuma dedicatória acima poderia ter sido realizada.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Álvaro de Azevedo Cardoso, pela disposição durante todo o período do curso, a transmitir seus conhecimentos aos alunos mostrando-se sempre preocupado com a evolução dos mesmos inclusive durante o desenvolvimento deste trabalho.

À Profa. Juliana Furtado pela habilidade com que ministrou as aulas durante o curso e pelo auxílio dado aos alunos.

RESUMO

- **Objetivo:** O objetivo principal deste trabalho é reduzir a quantidade de componentes novos durante o desenvolvimento de um novo projeto em uma indústria do Setor Automotivo no ramo de chicotes elétricos.
- **Metodologia:** Foram realizados estudos de quais seriam os fatores que inviabilizariam a implementação deste novo projeto, e verificou-se que a grande quantidade de componentes novos seria o principal fator. Através da Metodologia Seis Sigma, foi utilizado o DFSS e suas ferramentas, como, Diagrama e Matriz de Causa e Efeito, Pareto, análise comparativa dos itens novos x itens similares, análise dos dados de entrada do cliente, para reduzir este índice do projeto e tornar seu desenvolvimento viável.
- **Resultados:** Para o desenvolvimento deste novo projeto na empresa seria necessário adicionar 250 componentes novos na fábrica dos 885 totais do projeto. Com a implementação do projeto Seis Sigma dos 250 itens novos, 223 foram eliminados do projeto sendo substituídos por itens correntes já utilizados na fábrica.
- **Conclusões:** Concluiu-se que após a implementação do projeto Seis Sigma, houve uma redução de itens novos do projeto de uma proporção de 25% do total de componentes.

Palavras Chave: Qualidade. Seis Sigma. DFSS. Indústria Automotiva. Chicotes Elétricos.

ABSTRACT

- **Objective:** The main objective of this work is to reduce the amount of new components during the development of a new project in an Automotive Industry in the electric harness sector.
- **Methodology:** Studies were carried out of which would be the factors that would make the implementation of this new project unfeasible, and it was verified that the large number of new components would be the main factor. Through the Six Sigma Methodology, DFSS and its tools were used, such as Diagram and Matrix of Cause and Effect, Pareto, comparative analysis of new items x similar items, analysis of the input data of the customer, to reduce this index of the project and development.
- **Results:** For the development of this new project in the company would be necessary to add 250 new components in the factory of the total 885 of the project. With the implementation of the Six Sigma project of the 250 new items, 223 were eliminated from the project being replaced by current items already used in the factory.
- **Conclusions:** It was concluded that after the implementation of the Six Sigma project, there was a reduction of new items of the project of a proportion of 25% of the total components. to 662 items, which represents about 25% reduction in component variation.

Key Words: Quality. Six Sigma. DFSS. Automotive Industry. Harnesses.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	Abordagem da Qualidade	16
Tabela 2	Comparação entre as normas ISO 9001:2000 e o programa Seis Sigma	22
Tabela 3	Empresas que adotaram o DFSS	31
Tabela 4	Detalhamento das etapas do DMAIC e do DFSS	36
Tabela 5	Ranking de Vendas Globais por número de Veículos (2007)	42
Tabela 6	Matriz de Causa e Efeito	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Os significados de Qualidade	15
Figura 2	Ford T	19
Figura 3	Diagrama de Ishikawa	25
Figura 4	Histograma	26
Figura 5	Diagrama de Pareto	27
Figura 6	Gráfico de Dispersão	28
Figura 7	Cartas de Controle	29
Figura 8	Folhas de Verificação	29
Figura 9	Estágio do Produto	30
Figura 10	Comparação do DMAIC de Melhorias com o PDCA de Melhorias	34
Figura 11	Comparação Seis Sigma x DFSS	35
Figura 12	Etapas do DfSS e do Seis Sigma	35
Figura 13	Decisão da Metodologia a utilizar	37
Figura 14	O método DMADV	40
Figura 15	Layout do Chicote do veículo	46
Figura 16	Chicote Principal	47
Figura 17	Fluxograma para escolha da Metodologia Seis Sigma	56
Figura 18	Desenho de um chicote elétrico	58
Figura 19	Mapeamento das Atividades de Engenharia de Produto	59
Figura 20	Cronograma do Projeto	60
Figura 21	Quantidade de componentes dos chicotes – Antes	62
Figura 22	Quantidade de Variação de PN's por chicotes – Antes	64
Figura 23	Diagrama de Causa e Efeito	65
Figura 24	Principais causas para o não cumprimento das datas do projeto	67
Figura 25	Nota de um desenho especificando o tipo de isolamento dos cabos ...	69
Figura 26	Comparação entre terminais similares: Análise Material	69
Figura 27	Comparação entre terminais similares: Análise Dimensional	70
Figura 28	Comparação terminais banhados a ouro	70
Figura 29	Boots para isolar região de aterramento da Máquina	71
Figura 30	Quantidade de variação de PN's por chicote – Depois	72

Figura 31	Comparação da quantidade de componentes Antes – Depois	74
Figura 32	Varição de PN's no projeto	75

SUMÁRIO

1. Introdução	13
1.1. Justificativa.....	13
1.2. Objetivo	13
2. Revisão Bibliográfica.....	14
2.1 Qualidade.....	14
2.1.1. Algumas definições de qualidade	14
2.1.2. O histórico da gestão da qualidade	16
2.1.3. Revolução Industrial: A qualidade Controlada pelos Mestres e Supervisores	17
2.2. Seis sigma	20
2.2.1. Metodologia seis sigma	20
2.2.2. Ferramentas da Qualidade	23
2.2.2.1. Diagrama de Causa e efeito	24
2.2.2.2. Histograma	25
2.2.2.3. Gráfico de Pareto	26
2.2.2.4. Diagrama de Correlação.....	27
2.2.2.5. Gráfico de Controle	28
2.2.2.6 Folhas de Verificação	29
2.3. DFSS	30
2.3.1. Definição do Design for Six Sigma	30
2.3.2. Origem do DFSS	31
2.3.3. O DFSS x Seis Sigma	32
2.3.3.1. DMAIC	32
2.3.3.2. DFSS	34
2.3.4. A metodologia DFSS.....	37
2.3.4.1. Design for Six Sigma – ICOV	38
2.3.4.2. Design for Six Sigma – DMADV	39
2.4. Indústria Automotiva	41
2.4.1. Indústria Automotiva – Evolução	41
2.4.2. Indústria Automotiva no Brasil	42
2.5. Chicotes Elétricos	46

2.5.1. A importância dos Chicotes Elétricos Automotivos	46
3. Metodologia	50
3.1. Escolha da Metodologia de Trabalho	50
3.2. Fase Definir	50
3.3. Fase Medir	51
3.4. Fase Analisar	51
3.5. Fase Desenvolver	51
3.6. Verificar	52
4. Resultados	54
4.1. Escolha da Metodologia de Trabalho	55
4.2. Fase Definir	57
4.3. Fase Medir	65
4.4. Fase Analisar	68
4.5. Fase Desenvolver	68
4.6. Fase Verificar	75
5. Conclusão	77
6. Referências Bibliográficas	78

1. Introdução

O presente trabalho trata-se de um projeto Seis Sigma, com implementação em uma indústria do setor automotivo no estado de Minas Gerais.

1.1 Justificativa

Este projeto se justifica pela necessidade de uma indústria automotiva que produz chicotes elétricos em otimizar a lista de materiais utilizados em seu produto.

Realizando um estudo para comunização e utilização de itens correntes na planta para o desenvolvimento de um novo projeto na fábrica.

A cotação de um projeto novo para a fábrica é muito importante para os negócios e sobrevivência do ramo. Para tal, é importante realizar o estudo para utilização de itens normais de produção ao invés de componentes novos que podem gerar desde gastos com testes, desenvolvimento de novos ferramentais, até interferir em datas chave do projeto acarretando até mesmo na declinação do mesmo.

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho é evitar a utilização de componentes novos no desenvolvimento de um projeto novo para a fábrica realizando estudos para substituições destes, em parceria com o cliente garantindo que a funcionalidade do chicote seja mantida e evitando que o projeto seja prejudicado por estes componentes novos que podem acarretar em grandes prejuízos para a organização.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Qualidade

2.1.1 Algumas definições de Qualidade

Qualidade é um termo que utilizamos cotidianamente, mas, se perguntarmos a diversas pessoas o significado deste termo, dificilmente chegaremos a um consenso.

De acordo com Juran (1962) em seu livro *Quality Handbook The Meanings of "Quality"*. Dos muitos significados da palavra Qualidade, dois são de importância crítica para a gestão da Qualidade:

1. "Qualidade" significa aquelas características dos produtos que atendem às necessidades do cliente e assim fornecem satisfação ao cliente. Nesse sentido, o significado da qualidade está orientado para a renda. No entanto, fornecer mais recursos ou maior qualidade geralmente requer um investimento e, portanto, geralmente envolve aumento nos custos. Maior qualidade neste sentido geralmente, "custa mais".
2. "Qualidade" significa liberdade de deficiências – liberdade de erros que exigem retrabalhos ou que resultam em falhas de campo, insatisfação do cliente, reivindicações dos clientes e assim por diante. Nesse sentido, o significado da qualidade é orientado para os custos, e uma qualidade superior geralmente "custa menos".

A Figura 1 elabora essas duas definições e ajuda a explicar porque algumas reuniões sobre gerenciamento de qualidade terminam em confusão.

Product features that meet customer needs	Freedom from deficiencies
Higher quality enables companies to:	Higher quality enables companies to:
<ul style="list-style-type: none"> Increase customer satisfaction Make products salable Meet competition Increase market share Provide sales income Secure premium prices 	<ul style="list-style-type: none"> Reduce error rates Reduce rework, waste Reduce field failures, warranty charges Reduce customer dissatisfaction Reduce inspection, test Shorten time to put new products on the market Increase yields, capacity Improve delivery performance
The major effect is on sales.	Major effect is on costs.
Usually, higher quality costs more.	Usually, higher quality costs less.

Figura 1 Os significados de qualidade
Fonte: Juran, 1990

Campos (1995), na apresentação de seu livro TQC, revela ser, a qualidade, uma mudança cultural, de longa caminhada (5 a 10 anos), onde é necessária a liderança para sua promoção, acompanhamento dos resultados e o envolvimento de todos.

Entretanto, para Feigenbaum (1994) quem estabelece a qualidade é o cliente e não os engenheiros nem o pessoal de marketing ou a alta administração. A qualidade de um produto ou serviço pode ser definida como o conjunto total das características de marketing, engenharia, fabricação e manutenção do produto ou serviço que satisfaçam às expectativas do cliente. (FERNANDES, 2011)

Já Garvin (1987), após pesquisar várias definições de qualidade coletadas no ambiente corporativo e na literatura, classificou cinco abordagens distintas da qualidade, quais sejam, transcendental; baseada no produto; baseada no usuário; baseada na produção; baseada no valor. Cada uma dessas abordagens apresenta aspectos diferentes deste complexo conceito.

A Tabela 1 sintetiza a definição de qualidade, sob o prisma de cada uma dessas abordagens:

Tabela 1 - Abordagem da Qualidade

Abordagem	Definição	Frase
Transcendental	Qualidade é sinônimo de excelência inata. É absoluta e universalmente reconhecível. Dificuldade: pouca orientação prática.	"A qualidade não é pensamento nem matéria, mas uma terceira entidade independente das duas... Ainda que qualidade não possa ser definida, sabe-se que ela existe." (PIRSIG, 1974)
Baseada no Produto	Qualidade é uma variável precisa e mensurável, oriunda dos atributos do produto. Corofários: melhor qualidade só com mais custo. Dificuldade: nem sempre existe uma correspondência nítida entre os atributos do produto e a qualidade.	"Diferenças na qualidade equivalem a diferenças na quantidade de alguns elementos ou atributos desejados." (ABBOTT, 1955)
Baseada no usuário	Qualidade é uma variável subjetiva. Produtos de melhor qualidade atendem melhor aos desejos do consumidor. Dificuldade: agregar preferências e distinguir atributos que maximizam a satisfação.	"A qualidade consiste na capacidade de satisfazer desejos..." (EDWARDS, 1968) "Qualidade é a satisfação das necessidades do consumidor... Qualidade pe a adequação ao uso." (JURAN, 1974)
Baseada na produção	Qualidade é uma variável precisa e mensurável, oriunda do grau de conformidade do planejado com o executado. Esta abordagem dá ênfase a ferramentas estatísticas (Controle do processo). Ponto Fraco: foco na eficiência, não na eficácia.	"Qualidade é a conformidade às especificações" "...prevenir não conformidades é mais barato que corrigir ou refazer o trabalho." (CROSBY, 1979)
Baseada no valor	Abordagem de difícil aplicação, pois mistura dois conceitos distintos: excelência e valor, destacando os trade-off qualidade x preço. Esta abordagem dá ênfase à Engenharia/Análise de Valor-EAV.	"Qualidade é o grau de excelência a um preço aceitável." (BROH, 1974)

Fonte: (GARVIN, 1987)

2.1.2 O histórico da gestão da qualidade

Para entendermos o conceito de gestão da qualidade, precisamos passear um pouco pela história, buscando interpretar esse conceito e sua evolução à luz do ambiente produtivo vigente na época. (PALADINI, 2012)

Se fizermos uma viagem no tempo e perguntarmos a um artesão o que significa qualidade e confrontarmos com trabalhadores de diversas épocas posteriores, receberemos respostas bastante diversas. (PALADINI, 2012)

Conforme Paladini (2012), o artesão era um especialista que tinha domínio completo de todo o ciclo de produção, desde a concepção do produto até o pós-venda. Nessa época, o cliente estava próximo do artesão, explicitando suas necessidades, as quais o artesão procurava atender, pois sabia que a comercialização de seus produtos dependia muito da reputação de qualidade, que, naquele tempo, era comunicada boca a boca pelos clientes satisfeitos.

Paladini ainda ensina que o artesão tinha em sua abordagem de qualidade alguns elementos bastante modernos, como o atendimento às necessidades do cliente. Por outro lado, conceitos importantes para a área de qualidade moderna, como o de confiabilidade, conformidade, metrologia, tolerância e especificação, ainda eram embrionários. Além disso, o foco do controle da qualidade era o produto, não o processo, feito via inspeção de todos os produtos pelo artesão.

Para Fernandes (2011) com o aumento do mercado, o artesão, sozinho, já não conseguia controlar e executar todo o processo produtivo. Além dos aprendizes, que o acompanhavam por mais de cinco anos para adquirirem conhecimento e habilidade, surgiu a necessidade de se empregar oficiais e diaristas para atender à demanda cada vez mais crescente. Foi assim que surgiu a primeira relação capital/trabalho – ainda de uma maneira muito incipiente. O artesão, que era o patrão, além do seu próprio trabalho, fornecia as máquinas, matéria-prima e conhecimento.

2.1.3 Revolução Industrial: a Qualidade Controlada pelos Mestres e Supervisores

Embora a máquina a vapor já existisse, foi James Watt, engenheiro escocês, quem a tornou economicamente viável. Em 1763, em Glasgow, enquanto consertava uma máquina a vapor – inventada, em 1712, por Thomas Newcomen –, Watt descobriu que poderia melhorar o seu projeto com a inclusão de um condensador de vapor independente, inovação que duplicou o rendimento da máquina. Essa descoberta, que foi a grande impulsionadora da Revolução Industrial, provocou uma explosão de demanda de produtos manufaturados e, conseqüentemente, um aumento incrível na produção.

Com a Revolução Industrial, ocorreram mudanças radicais na administração das empresas, que foram obrigadas a dividir o processo industrial em fases: marketing, concepção, projeto, aquisição, produção e comercialização. Começou, dessa maneira, a aumentar o distanciamento entre o produtor e o consumidor, o que originou os primeiros problemas sérios com a qualidade do produto. (FERNANDES, 2011)

Apareceram os supervisores para controlar as atividades dos artesãos, agora não mais donos de seus equipamentos e matéria-prima, mas ainda possuidores da habilidade, experiência e conhecimento. Os artesãos, que foram patrões, transformaram-se em empregados e passaram a se preocupar apenas com a execução dos seus serviços, conforme determinado pelo supervisor, utilizando a matéria-prima que lhes era fornecida pelo departamento de suprimento. A qualidade da matéria-prima e do produto passou a ser responsabilidade do supervisor.

Conseqüentemente, com o enorme aumento da produção, os artesãos deram lugar aos operários não especializados, que realizavam as tarefas determinadas pelo supervisor e pela gerência. O conhecimento passou a ser propriedade da empresa.

Estava criado o estágio extremo da relação capital/trabalho: o proprietário fornecia o capital (instalações, máquinas, matéria-prima e tecnologia) e o trabalhador fornecia o seu trabalho. (FERNANDES, 2011)

Para Paladini (2012) as necessidades dos clientes não eram direcionadoras da concepção do produto. Da linha de montagem da Ford, no período de 1908 a 1927, saía apenas um modelo, o Ford T – ou como conhecido: Ford Bigode – e em uma única cor, a preta. Todavia, isso não foi empecilho para que esse produto se tornasse o carro do século, chegando a 15 milhões de unidades vendidas. Pela primeira vez, o carro se tornara um produto acessível à classe trabalhadora, mudando o conceito dessa indústria, que investiu em capacidade, para atender à demanda, que, então, era maior que a oferta. A Figura 2 mostra a imagem do famoso Ford T, ou mais conhecido como Ford Bigode.



Figura 2 Ford T
Fonte: FERRARI, 2011

Nos Estados Unidos a área de qualidade de consolidou. Em 1945, surgiu a primeira associação de profissionais da área de qualidade – a Society of Quality Engineers. Posteriormente, foi fundada em 1946 a American Society for Quality Control (ASQC), atualmente American Society for Quality (ASQ), com a participação de importantes nomes da área de qualidade, como Joseph M. Juran, que é membro fundador. Pouco depois, em 1950, seria criada a associação japonesa de cientistas e engenheiros, a JUSE (Japan Union of Scientists and Engineers), com papel importante na área de qualidade. (PALADINI, 2012)

Segundo Paladini (2012) no período pós-guerra o Japão lutava pela sua reconstrução. Nesse período, dois importantes teóricos da área de qualidade estiveram lá, W. Edwards Deming e Juran. Esses teóricos influenciaram a criação do modelo japonês, mas também foram influenciados por esse mesmo modelo. Deming, que forneceu forte influência na criação do modelo japonês, tinha forte orientação estatística e foco no controle da qualidade, mas em sua estada no Japão incorporou aspectos relacionados à participação dos trabalhadores e da alta gerência como fundamentais para a boa Gestão da Qualidade. Foi criado em 1951, em homenagem a Deming, o Prêmio Deming, que seria atribuído à empresa que mais se destacasse na área da qualidade em cada ano. Só no final da década de

1980 surgiu um prêmio similar nos Estados Unidos, o Prêmio Malcom Baldrige (1987), e posteriormente, na Europa, o Prêmio Europeu da Qualidade (1991), e também no Brasil, Prêmio Nacional da Qualidade – PNQ (1992).

Em 1987, em meio à expansão da globalização, surgiu o modelo normativo da ISO (International Organization for Standardization) para a área de Gestão da Qualidade, a série 9000, Sistemas de Garantia da Qualidade. Embora, em algumas situações, essa norma, que é de caráter voluntário, pudesse ter sido utilizada como barreira técnica às exportações, de maneira geral ela facilitou a relação de clientes e fornecedores ao longo da cadeia produtiva dispersa geograficamente.

O processo de seleção de fornecedores, utilizando essa norma como critério qualificador, eliminou os enormes contingentes de auditores que as empresas mantinham, passando a utilizar as certificações e as auditorias de terceira parte, credenciadas para esse fim. A ISO 9000 difundiu-se rapidamente, tornando-se um requisito de ingresso em muitas cadeias produtivas, em especial a automobilística, que não tardou a criar diretrizes adicionais, como a QS 9000, que convergiram para uma especificação técnica ISO TS 16949, em 1999 para todo o setor. (PALADINI, 2012)

2.2 Seis Sigma

2.2.1 Metodologia Seis Sigma

Anunciado por alguns autores como o programa de qualidade do século XXI, o programa Seis Sigma surgiu na década de 1980, na Motorola, e se difundiu em empresas de grande porte como General Electric, Allied Signal e Citibank. No Brasil, este programa foi trazido pelas subsidiárias destas organizações. (CARVALHO, 2006)

Segundo Carvalho (2002) a difusão do programa Seis Sigma deu-se no bojo das cifras expressivas dos ganhos divulgados por estas empresas, além de outros benefícios relatados como a redução dos custos, o aumento no valor das ações, o acréscimo no número de clientes e na retenção, entre outros. No entanto, o autor destaca que esses resultados baseiam-se em relatos de casos de sucesso, havendo uma lacuna de estudos empíricos que evidenciassem esses ganhos.

Além disto, diversos autores alertam para o fato de que diversas empresas não compreendem corretamente o significado do programa Seis Sigma, o que prejudica sua difusão nas organizações. Conseqüentemente, a lacuna entre teoria e prática relacionada ao programa Seis Sigma é uma questão relevante para as comunidades acadêmica e empresarial. (CARVALHO, 2007)

Como a implementação de programas de qualidade nas organizações data do século passado, Carvalho e Rotondaro (2006) alertam para o fato de que é difícil estabelecer as fronteiras do programa Seis Sigma com as outras abordagens de Gestão da Qualidade, marcando como aspectos distintivos o forte alinhamento estratégico do portfólio de projetos Seis Sigma, a abordagem orientada a projetos, a adoção do pensamento estatístico sistematizado em um roteiro prescritivo e o uso de um indicador único, que é o índice de capacidade sigma, que serve para benchmarking e para a aferição dos ganhos dos projetos Seis Sigma. Lloréns-Montes e Molina (2006) destacam como os três elementos distintivos principais do programa Seis Sigma: o foco estratégico, pensamento estatístico e metodologia sistematizada.

Partindo-se dos principais aspectos distintivos do programa Seis Sigma destacados anteriormente, busca-se discutir os principais conceitos e definições de programa Seis Sigma disponíveis na literatura. O foco estratégico pode ser evidenciado na forma de mensuração direta dos benefícios do programa, no apoio da alta administração da empresa e no alinhamento do portfólio de projetos Seis Sigma às estratégias organizacionais.

Diferentemente das demais abordagens que advogavam sobre os custos da qualidade e no trade-off entre prevenção e avaliação (JURAN, 1962; CAMPANELLA, 1999), a abordagem Seis Sigma fala de ganhos da qualidade, calculados com base nos resultados dos projetos Seis Sigma. Esta avaliação é realizada geralmente por setores de contabilidade, com base em técnicas de avaliação econômica de projetos tais como análise do valor presente (ROTONDARO, 2002). De Feo (2000) também destaca que os projetos Seis Sigma estão orientados para conseguir o retorno sobre o investimento (ROI). Abaixo a Tabela 2 mostra uma comparação entre as normas ISO 9001:2000 e o programa Seis Sigma:

Tabela 2 - Comparação entre as normas ISO 9001:2000 e o programa Seis Sigma

ITEM DA NORMA ISO 9001:2000	DESCRIÇÃO DO ITEM DA NORMA ISO 9001:2000	ITENS DO PROGRAMA SEIS SIGMA
Seção 5.4 - Responsabilidade da direção	Exige que a organização da direção estabeleça objetivos da qualidade para a empresa e assegure que o planejamento do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) esteja de acordo com os objetivos.	Estabelecer objetivos de DPMO (defeito por milhão de oportunidades).
Seção 8.4 - Medição, Análise e Melhoria	Exige que a empresa identifique, reúna e analise os dados para demonstrar que o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) é adequado.	Os dados coletados servirão para os projetos Seis Sigma.
Seção 8.5.1 - Melhoria Contínua	Exige que a organização melhore continuamente o seu SGQ (geralmente focaliza custo ou redução da variabilidade).	A redução de custos ou a diminuição da variabilidade dos processos internos da organização são os princípios relevantes do programa Seis Sigma.
Subseção 4.1 - Sistema de Gestão da Qualidade	Exige que a organização implante e mantenha um SGQ e melhore continuamente sua eficácia. Deve identificar os processos necessários para o SGQ e sua aplicação em toda a organização.	É compatível com a filosofia Seis Sigma, ou seja, os <i>black belts</i> e <i>green belts</i> recebem grande carga de treinamentos técnicos para agir dessa maneira, focalizando projetos específicos em todos os departamentos da organização.
Seção 5.1 - Comportamento da direção	Exige que a direção demonstre seu comprometimento com a elaboração e manutenção do SGQ e com a melhoria contínua de sua eficácia.	Os resultados dos projetos Seis Sigma podem ser utilizados como entrada para a análise crítica do SGQ pela direção, demonstrando seu envolvimento com as melhorias contínuas do sistema.

Tabela 2 - Comparação entre as normas ISO 9001:2000 e o programa Seis Sigma

ITEM DA NORMA	DESCRIÇÃO DO ITEM DA NORMA ISO	ITENS DO PROGRAMA SEIS SIGMA
Seção 5.2 - Foco no cliente e Subseção 8.2.1 Medição e Monitoramento da Satisfação dos Clientes	Exige que a direção garanta que a empresa esteja comprometida com os requisitos dos clientes, garantindo sua satisfação. A organização deve medir e monitorar as informações provenientes dos clientes.	A principal pretensão do programa Seis Sigma é aumentar a satisfação dos clientes, utilizando para tanto os projetos que eliminam as Não-Conformidades relacionadas às características críticas para a qualidade. O SGQ de uma organização, de acordo
Seção 7.2.1 - Processos relacionados a clientes	Exige que a empresa conheça as determinações dos clientes, os regulamentos e a realidade do mercado em que atua.	Para verificar as causas das Não-Conformidadesm a filosofia Seis Sigma analisa criteriosamente o projeto dos produtos e os processos.
Seção 8.2 - Medições e Monitoramento (Auditorias)	Exige que a empresa estabeleça e implante programas de auditorias internas da qualidade.	As auditorias internas do SGQ poderiam verificar a veracidade e a quantificação dos ganhos dos projetos Seis Sigma.
Seção 8.5 - Melhorias (Melhorias Contínuas, Ações Corretivas e Preventivas)	Exige que a direção demonstre seu comprometimento com a elaboração e manutenção do SGQ e com a melhoria contínua de sua eficácia.	O objetivo dos projetos Seis Sigma é elaborar Ações Corretivas e Preventivas, ocasionando melhorias para o SGQ, devidamente verificadas por técnicas estatísticas, por pessoal devidamente treinado.

Fonte: (PANDE, 2001)

2.2.2 Ferramentas da Qualidade

Segundo Miguel (2006) as ferramentas da Qualidade são frequentemente usadas como suporte ao desenvolvimento da qualidade ou ao apoio à decisão na análise de determinado problema. Mata-Lima (2007) completa afirmando que o grande potencial delas, está quando são utilizadas para a identificação das causas raízes dos problemas e para a solução destes. Contudo, ele também afirma que aplicação das ferramentas de identificação da causa dos problemas exige que haja um debate entre as partes interessadas e que a decisão se fundamente em resultados da análise dos registros de informação relevante visitas de estudo, reuniões técnicas, inquéritos e entrevistas, entre outros.

As Ferramentas Tradicionais da Qualidade, de acordo com Miguel (2006) e Vieira (1999), são: diagrama de causa-efeito, histograma, gráfico de Pareto, diagrama de correlação, carta de controle e folha de verificação.

2.2.2.1 Diagrama de Causa e Efeito

Para Lins (1993) O diagrama de Causa e Efeito é também conhecido como Diagrama de Ishikawa, por ter sido desenvolvido pelo Engenheiro japonês Kaoru Ishikawa, ou como diagrama Espinha de Peixe, por seu formato gráfico.

É utilizado quando precisamos identificar as causas de um problema. O diagrama permite, a partir dos grupos básicos de possíveis causas, desdobrar tais causas até os níveis de detalhe adequados à solução do problema.

Os grupos básicos podem ser definidos em função do tipo do problema que está sendo analisado. Usualmente, para problemas de natureza operacional, sugere-se a adoção dos seguintes grupos básicos:

- a) Máquinas;
- b) Materiais;
- c) Mão de obra;
- d) Método;
- e) Meio Ambiente;
- f) Medição;

Entre as vantagens de se utilizar uma ferramenta formal de análise de causa e efeito, como é o caso do diagrama de Ishikawa, em vez de fazer um levantamento não estruturado das causas, podemos citar:

- a) A própria montagem do diagrama é educativa, na medida em que exige um esforço de hierarquização das causas identificadas de uma agregação em grupos. É desejável que a montagem do diagrama seja feita por uma equipe de pessoas envolvidas com o problema, através de um brainstorming;
- b) O foco passa a ser no problema, levando à conscientização de que a solução não se restringirá a atitudes simplistas (substituir pessoas, adquirir equipamentos), mas exigirá uma abordagem integrada, atacando-se as diversas causas possíveis;
- c) Conduz a uma efetiva pesquisa das causas, evitando-se o desperdício de esforços com o estudo de aspectos não relacionados com o problema;
- d) Identifica a necessidade de dados, para efetivamente comprovar a procedência ou improcedência das diversas possíveis causas identificadas. Assim, o diagrama é o ponto de partida para o uso adequado de outras ferramentas básicas;

- e) Identifica o nível de compreensão que a equipe tem do problema. Quando o problema não é adequadamente entendido, a elaboração do diagrama conduz naturalmente à troca de ideias entre as pessoas envolvidas e à identificação dos conflitos;
- f) O seu uso é genérico, sendo aplicado a problemas das mais diversas naturezas;

A Figura 3 apresenta um modelo do Diagrama de Ishikawa:

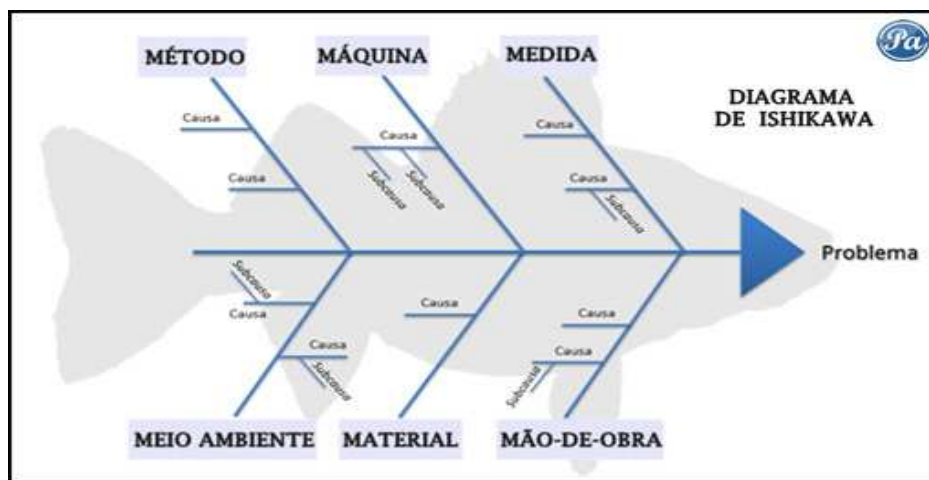


Figura 3 Diagrama de Ishikawa
Fonte: BEZERRA, 2014

2.2.2.2 Histograma

O Histograma é um gráfico de barras verticais que apresenta valores de uma certa característica agrupados por faixas. É útil para identificar o comportamento típico da característica.

Usualmente permite a visualização de determinados fenômenos, dando uma noção da frequência com que ocorrem. A Figura 4 mostra um exemplo de um Histograma de Torque:

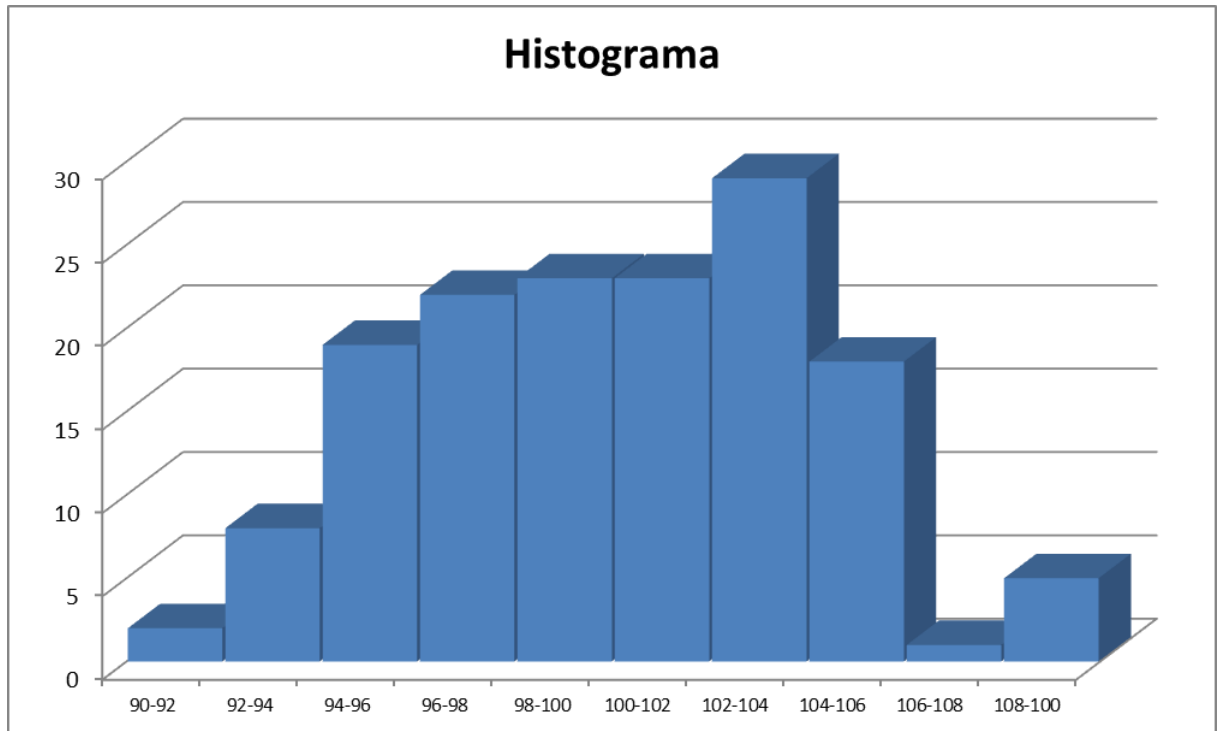


Figura 4 Histograma

Fonte: DILK, 2015

2.2.2.3 Gráfico de Pareto

O gráfico de Pareto leva esse nome porque foi desenvolvido pelo economista italiano Vilfredo Pareto, que identificou as seguintes características nos problemas sócio-econômicos:

- a) Poucas causas principais influíam fortemente no problema;
- b) Havia um grande número de causas triviais, pouco importantes, que influíam marginalmente no problema;

Ele tem um aspecto de um gráfico de barras. Cada causa é quantificada em termos da sua contribuição para o problema e colocada em ordem decrescente de influência ou de ocorrência.

As causas significativas são, por sua vez, desdobradas em níveis crescentes de detalhe, até se chegar às causas primárias, que possam ser efetivamente atacadas. Esta técnica de se quantificar a importância das causas de um problema, de ordená-las e de desdobrá-las sucessivamente é denominada estratificação. A Figura 5 mostra um exemplo de Diagrama de Pareto:



Figura 5 Diagrama de Pareto
Fonte: BEZERRA, 2014

2.2.2.4 Diagrama de Correlação

O Diagrama de correlação ou dispersão permite visualizar a correlação entre duas grandezas. Esta relação poderá:

- a) Inexistir – no caso não será possível identificar qualquer tipo de comportamento típico no gráfico;
- b) Caracterizar-se como uma correlação linear – no gráfico, os pontos tenderão a se distribuir ao longo de uma reta;
- c) Caracterizar-se como uma correlação não linear – no gráfico, os pontos tenderão a se distribuir ao longo de uma curva, ou de várias curvas similares que se repetem periodicamente;
- d) Caracterizar outras distribuições, como, por exemplo, em agrupamentos bem delimitados;

A Figura 6 mostra um exemplo de Gráfico de Dispersão:

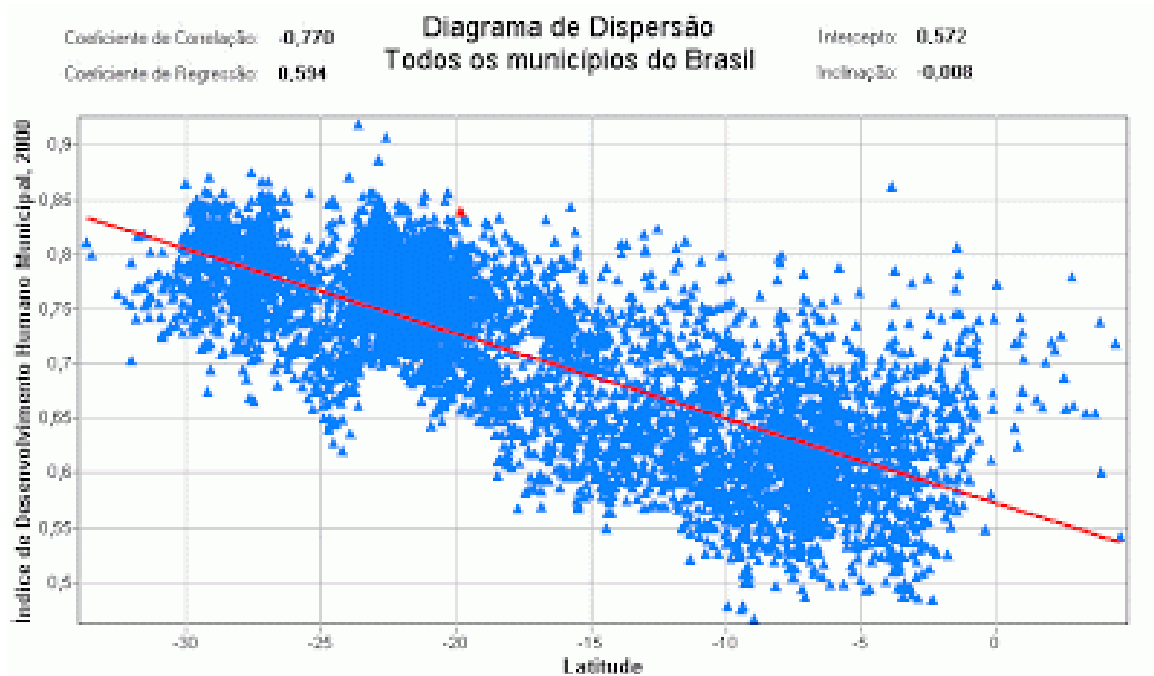


Figura 6 Gráfico de Dispersão
Fonte: DILK, 2015

2.2.2.5 Carta de Controle

As cartas de controle, também denominada carta de Shewhart, por ter sido desenvolvida pelo estatístico norte-americano Walter Shewhart, é utilizada para o acompanhamento de processos.

Um processo é uma combinação de equipamentos, pessoas, métodos, ferramentas e matéria-prima que gera um produto ou serviço com determinadas características. As características do produto ou serviço resultante dependem do processo adotado.

Para colocar um processo sob controle é preciso analisar todos os desvios significativos de comportamento que venham a ocorrer no mesmo, identificar claramente as suas causas e resolvê-las sempre que possível. O estudo do comportamento do processo é desenvolvido com o apoio do Controle Estatístico do Processo – CEP. A Figura 7 mostra um exemplo de uma Carta de Controle:

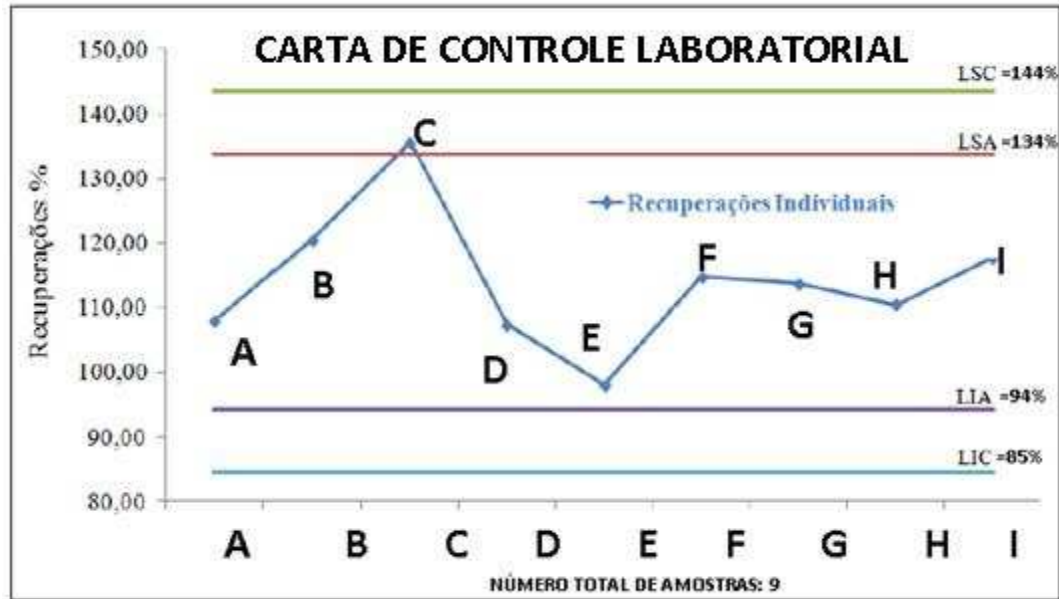


Figura 7 Cartas de Controle
Fonte: DILK, 2015

2.2.2.6 Folha de Verificação

A folha de verificação é, essencialmente, um quadro para o lançamento do número de ocorrências de certo evento. A sua aplicação típica está relacionada com a observação de fenômenos. Observa-se o número de ocorrências de um problema ou de um evento e anota-se na folha, de forma simplificada, a sua frequência. A Figura 8 mostra um exemplo de Folha de Verificação:

Problemas	Verificação	Total
Atraso na liberação de recursos financeiros	III II	5
Baixo interesse dos fornecedores nas licitações	III II II III	10
Especificações de materiais imprecisas	III II II III I IIII	15
Atraso na liberação de crédito	III II II III IIII I IIII I	20

Figura 8 Folhas de Verificação
Fonte: MARSHALL JUNIOR, 2006

2.3 DFSS

2.3.1 Definição do Design for Six Sigma

Em uma definição genérica, o Design for Six Sigma com sua correspondente sigla DFSS pode ser traduzido para a linguagem portuguesa como “Projetando para o Seis Sigma”.

De acordo com Braz (2002), o Design for Six Sigma também pode ser aplicado para aqueles processos nos quais o seu nível de desempenho esteja tão baixo em termos de índices sigma e tão altos em termos de valores de defeitos, e o próprio processo esteja se comportando de forma tão ruim para a companhia que, quaisquer esforços empreendidos para se aplicar um projeto Seis Sigma através da metodologia DMAIC, não resultarão ao final do projeto, em um processo satisfatório, refletindo níveis Seis Sigma. A Figura 9 mostra a fase onde é aplicado o DFSS:

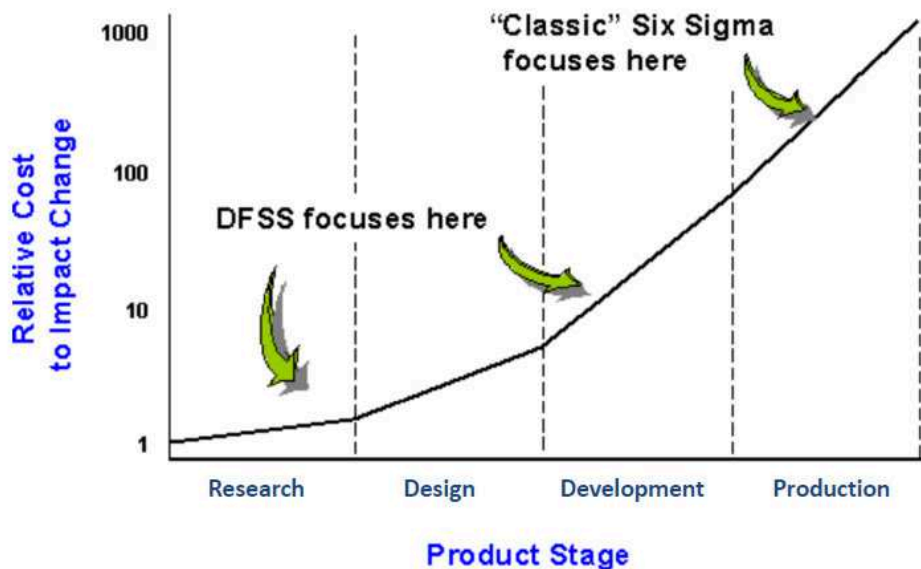


Figura 9 Estágio do Produto
Fonte: FUNG, 2015

Conforme Treichler e outros (2002), o Design for Six Sigma é uma mudança de cultura ocorrida na organização de projeto e desenvolvimento do produto, passando de determinística para probabilística. As pessoas são treinadas para incorporar análises estatísticas dos modos de falha, tanto em produtos quanto em processos, com o objetivo de incorporar alterações que eliminem características de

projeto com uma probabilidade estatística de falha dentro de uma faixa pré-definida de condições em sistemas operacionais.

Treichler e outros (2002) também afirma que o DFSS está ganhando vulto como uma disciplina praticada pelos times de projeto na maioria das corporações existentes.

2.3.2 Origem do DFSS

Assim como o Seis Sigma, Werkema (2002) afirma em seu livro que o Design for Six Sigma também tem suas origens creditadas à General Electric. De uma forma bastante simplificada, ele afirma que o DFSS surgiu como uma extensão do Seis Sigma para o projeto de novos produtos e processos, uma vez que é fundamental que as empresas estejam capacitadas para a aplicação de metodologias e ferramentas de maior sofisticação e eficácia durante o planejamento da qualidade, visando alcançar, para os novos produtos, metas de aumento da confiabilidade, introdução de novas tecnologias ou redução de custos. A Tabela 3 mostra as empresas que adotaram o DFSS:

Tabela 3 - Empresas que adotaram o DFSS

EMPRESA	PERÍODO
Allied Signal/Honeywell	1996 - 1999
General Electric	1996 - 2000
Toshiba Corporation	1999 - 2001
Johnson & Johnson	2000 - presente
General Motors	2000 - 2001
Johnson Controls	2000 - presente
Seagate	2000 - presente

Fonte: (FIORAVANTI, 2005)

2.3.3 O DFSS x Seis Sigma

2.3.3.1 DMAIC

CONCEITO DOS CICLOS PDCA E DMAIC

As empresas têm buscado a melhoria contínua com a utilização das ferramentas da qualidade, abrangendo os ciclos PDCA (planejamento, execução, verificação e ação), e DMAIC (definir, medir e analisar).

O ciclo PDCA foi idealizado na década de 20 por Walter A. Shewarth, e em 1950, passou a ser conhecido como o ciclo de Deming, em tributo ao “guru” da qualidade, William E. Deming, que publicou e aplicou o método. O PDCA é mais uma definição para os estudiosos do difícil processo de planejar. (PALADINI, 2008).

Segundo Slack et al (1999), o conceito da melhoria contínua gera um procedimento ininterrupto, discutindo e rediscutindo as atividades delineadas de uma intervenção. O princípio repetitivo e periódico da melhoria contínua é mais sucinto que o ciclo PDCA ou ciclo de Deming, William E. Deming. O método PDCA, por sua vez é a sucessão de trabalhos que são cursados de modo circular para aprimorar esforços.

Marshall Junior et al (2006), tem a seguinte assertiva sobre o método PDCA: “o ciclo PDCA é um método gerencial para a promoção da melhoria contínua e reflete, em suas quatro fases, a base da filosofia do melhoramento contínuo”. Por isso, é fundamental que estas fases sejam consecutivas, gerando a melhoria contínua distribuída na organização, estabelecendo a unificação de práticas.

Ainda conforme Marshall Junior et al (2006), apresenta fases do ciclo PDCA, da seguinte forma:

1ª Fase – Plan (Planejamento). Nesta fase é fundamental definir os objetivos e as metas que pretende alcançar. Para isso, as metas do planejamento estratégico precisam ser delineadas em outros planos que simulam as condições do cliente e padrão de produtos, serviços ou processos. Dessa forma, as metas serão só alcançadas por meio das metodologias que contemplam as práticas e os processos.

2ª Fase – Do (Execução). Esta tem por objetivo a prática, por esta razão, é imprescindível oferecer treinamentos na perspectiva de viabilizar o cumprimento dos procedimentos aplicados na fase anterior. No decorrer desta fase precisam-se colher informações que serão aproveitadas na seguinte fase, exceto para aqueles colaboradores que já vêm acompanhando o planejamento e o treinamento na organização.

3ª Fase – Check (Verificação). Fase, no qual é feita a averiguação do que foi planejado mediante as metas estabelecidas e dos resultados alcançados. Sendo assim, o parecer deve ser fundamentado em acontecimentos e informações e não em sugestões ou percepções.

4ª Fase – Act (Ação). A última etapa proporciona duas opções a ser seguida, a primeira baseia-se em diagnosticar qual é a causa raiz do problema bem como a finalidade de prevenir a reprodução dos resultados não esperados, caso, as metas planejadas anteriormente não forem atingidas. Já a segunda opção segue como modelo o esboço da primeira, mas com um diferencial se as metas estabelecidas foram alcançadas.

Por esta razão a aplicação do método PDCA tem o propósito de resolver problemas e alcançar metas, daí passar por várias etapas, que são: definição do problema, análise do fenômeno e do processo, estabelecimento do plano de ação, ação, verificação, padronização e conclusão. Por isso, é essencial o uso de ferramentas, de acordo com o tipo do problema (CAMPOS, 2004).

Marshall Junior et al (2006) ainda esclarece que, para girar o ciclo PDCA é imprescindível ter visão futura dos processos e maximizar a competitividade da empresa. Para isso, os protótipos devem ser seguidos, porém se os resultados esperados não forem alcançados, o ciclo PDCA deverá ser reiniciado.

Há que se destacar que essas quatro fases contribuem na identificação dos problemas, e nas tomadas de decisões, e, portanto, é importante compreender que: “A melhoria contínua tem como suporte o controle e a otimização dos processos e foi a base para a Metodologia da Gestão da Qualidade Total. Através do Ciclo PDCA busca-se a monitoração dos processos produtivos para a melhoria contínua gradual (Kaizen), através da identificação e análise de resultados indesejáveis e da

consequente busca de novos conhecimentos para auxiliar nas soluções (RODRIGUES, 2006, p.18).”

Para Aguiar (2006), o método DMAIC foi desenvolvido com apoio do PDCA e adota dimensão distinta, dependendo do seu uso, conforme Figura 10.

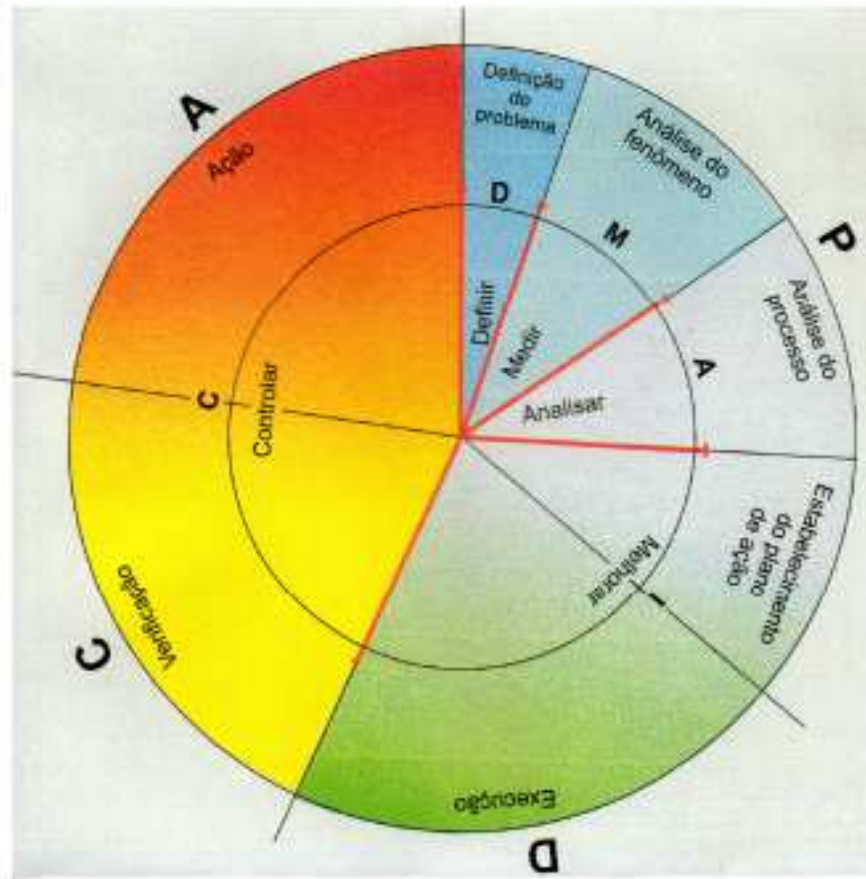


Figura 10 Comparação do DMAIC de Melhorias com o PDCA de Melhorias
Fonte: AGUIAR, 2006

2.3.3.2 DFSS

Segundo Fiorovanti (2005) o Design for Six Sigma, em uma primeira análise, parece ser uma extensão da metodologia Seis Sigma. Deve-se salientar que essa não é a realidade. O DFSS e o Seis Sigma são metodologias independentes, entretanto, o DFSS compartilha de muitas características que fazem do Seis Sigma uma metodologia mundialmente conhecida. A Figura 11 mostra uma comparação entre o Seis Sigma e o DFSS:



Figura 11 Comparação Seis Sigma x DFSS
Fonte: FIORAVANTI, 2005

Focando-se as diferenças entre essas duas metodologias, pode-se afirmar que a metodologia DMAIC é uma metodologia tipicamente adotada em processos produtivos e de serviços que estejam necessitando de melhorias em seu nível sigma de desempenho. Já o princípio utilizado no DFSS é outro. Ele é aplicado quando se deseja construir um processo novo. Deste modo, ele é estudado e projetado, daí a expressão Design for Six Sigma, e assim projetado para que ele já inicie suas atividades apresentando um nível seis sigma de desempenho. A Figura 12 mostra as etapas existentes no DFSS e no Seis Sigma:

DFSS



Six Sigma



Figura 12 Etapas do DFSS e do Seis Sigma
Fonte: FUNG, 2015

A Tabela 4 apresenta detalhadamente cada etapa do DMAIC e do DFSS:

Tabela 4 - Detalhamento das etapas do DMAIC e do DFSS

Seis Sigma (DMAIC)		Design for Six Sigma (DFSS)	
D	Define o problema; Define o processo; Define os requisitos do cliente não encontrados;	D	Define as necessidades dos clientes; Define todos os requisitos e ganha consenso na geração do design;
M	Mede a extensão do problema, dados do processo, produto e clientes	M	Desenvolve medidas de sucesso; Estabelece tolerâncias; Determina como as características cruciais são avaliadas;
A	Analisa os dados do processo para encontrar as causas do problema;	A	Cria conceitos inovadores; Lista restrita de propostas de conceito; Detalha a lista de alternativas de design,
I	Melhora através das causas do problema;	D	seleciona o melhor dos melhores, testa, testa e testa;
C	Controla através de medidas regulares, verificação de oportunidades de melhorias futuras;	V	Validar através de teste e implementação; Estabelecer o planejamento da resposta do sistema de monitoramento;

Fonte: (FUNG, 2015)

De acordo com Braz (2002) ainda afirma que o Seis Sigma apresenta-se praticamente incapaz de ultrapassar a barreira dos cinco sigmas. Isto se deve em grande parte devido ao fato de o custo de passar de cinco sigmas para seis sigmas ser elevado para a empresa. Baseado nisso, o DFSS é apontado como a forma de se atingir níveis de seis sigmas, pois neste caso, a qualidade do produto é projetada, e não apenas melhorada.

Werkema (2002) apresenta um importante fluxograma a seguir onde são demonstradas as interações entre as metodologias DMAIC e DFSS tendo como ponto de partida o procedimento para a seleção de projetos. A Figura 13 mostra o fluxograma para decisão de qual metodologia utilizar no projeto:

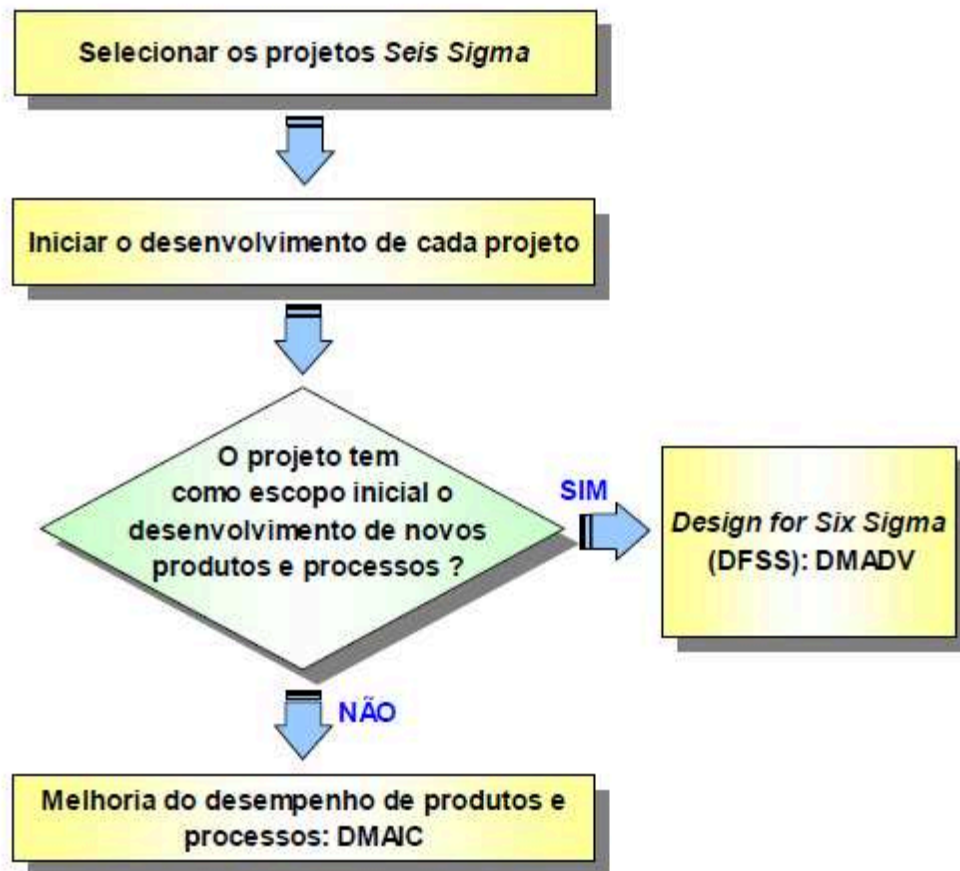


Figura 13 Decisão da metodologia a utilizar
Fonte: FIORAVANTI, 2005

2.3.4 A metodologia DFSS

Considerando o Design for Six Sigma em sua definição mais abrangente e simplificada, ou seja, que o DFSS é uma aplicação do Seis Sigma para projetos e desenvolvimento de novos produtos e serviços, assim como o Seis Sigma, os dois pontos fundamentais são: a metodologia fortemente estruturada e o alto comprometimento da direção da empresa.

Para Fioravanti (2005) assim como a exemplo da metodologia DMAIC para entendimento do Seis Sigma, existem basicamente duas metodologias similares e conhecidas didaticamente para entendimento e explicação do Design for Six Sigma: O método DMADV do anacronismo Definir, Medir, Analisar, Desenvolver e Verificar e o método IDDOV, este último também apresenta variações, como é o caso do

método ICOV, do anacronismo Identificar, Caracterizar, Otimizar e Validar, encontrada no artigo MADER(2002).

2.3.4.1 Design for Six Sigma - ICOV

Uma das abordagens do DFSS como já mencionado é com o ICOV. Veremos a seguir as definições destas etapas do DFSS segundo Werkema (2002):

- a) Identificar – Este estágio consiste nas duas maiores etapas. A primeira delas é desenvolver um entendimento claro dos requisitos do cliente para atividades de desenvolvimento de um nível pequeno, na qual a definição de cliente pode incluir clientes internos e externos e outras partes interessadas. Também é levado em consideração os objetivos financeiros dos negócios, tais como o desenvolvimento de custos e cronogramas. As necessidades e desejos são coletivamente conhecidos como CTX's ou "crítico para"(seja qual for a necessidade, ou a necessidade é). Esses CTX's são então traduzidos em requerimentos, especificações, critérios de performance ou outros objetivos medidos pelas atividades.
- b) Caracterizar – Nesse estágio são desenvolvidos, testados e validados os conceitos do design. Uma vez identificados os CTX's e determinados os níveis de requisitos de performance, o design ou o time pode ter conceitos ou soluções de vários concorrentes. Para design do produto utilizam-se medidas estatísticas e metodologias de capacidade.
- c) Otimizar – Nesse estágio tem-se a certeza que o design foi otimizado considerando os requisitos do negócio e do cliente. Para cada CTX o design ou o time deveria identificar as variáveis chaves do produto ou da saída do processo que relatam a performance desejada. Uma pergunta chave a ser feita é quão bem o sistema atendeu aos desejos e necessidades do cliente. Se conseguimos apresentar essa otimização, também será possível avaliar se o projeto possui níveis de qualidade adequados e custos apropriados.
- d) Validar – Nesse estágio é testado e avaliado o design do projeto otimizado. É confirmada a performance, capacidade, sucesso quando comparado com os concorrentes. DFSS não é limitado ao design e desenvolvimento de produtos e

processos. A maioria das ferramentas, conceitos e processos do DFSS, podem ser aplicadas nos processos e serviços industriais.

2.3.4.2 Design for Six Sigma - DMADV

Outra vertente do DFSS é o DMADV, muito utilizado segundo Werkema (2002) nos projetos da General Electric (G.E.). Este método é constituído por cinco etapas descritas abaixo:

- a) Definir – nesta etapa, o objetivo é definir claramente o novo produto ou processo a ser projetado. Como principais resultados esperados, tem-se: a justificativa para o desenvolvimento do projeto, o potencial de mercado para o novo produto, a análise preliminar da viabilidade técnica e econômica, previsão da data de conclusão do projeto e a estimativa de recursos necessários.
- b) Medir – seu objetivo é identificar as necessidades dos clientes/consumidores e traduzi-las em características críticas para a qualidade, mensuráveis e priorizadas do produto. Os resultados esperados são o de obter uma análise detalhada do mercado e a formação de características críticas do produto para o atendimento às necessidades dos cliente/consumidores.
- c) Analisar – selecionar o melhor conceito dentre as alternativas desenvolvidas para o projeto é o objetivo desta fase. Como resultados esperados têm-se: obter a definição das principais funções a serem projetadas para o atendimento das necessidades dos clientes/consumidores, obter a avaliação técnica dos diferentes conceitos disponíveis e a consequente seleção do melhor e, por último, obter a análise financeira detalhada do projeto.
- d) Desenvolver – como o próprio nome diz, o objetivo desta etapa é desenvolver o projeto detalhado, realizar os testes necessários e preparar para a produção em pequena e em larga escala. Como principais resultados esperados, tem-se: o desenvolvimento físico do produto e a realização de testes, a análise do mercado e a receptividade esperada dos clientes/consumidores sobre os protótipos avaliados, o planejamento da produção, o planejamento do lançamento no mercado, a análise financeira atualizada do projeto.
- e) Verificar – nesta última etapa, o objetivo é testar e validar a viabilidade do projeto, e lançar o novo produto no mercado. Tem-se como resultados

esperados a obtenção de êxito no lançamento do produto no mercado, bem como a obtenção das avaliações de desempenho do projeto.

A Figura 14 mostra o Método DMADV:

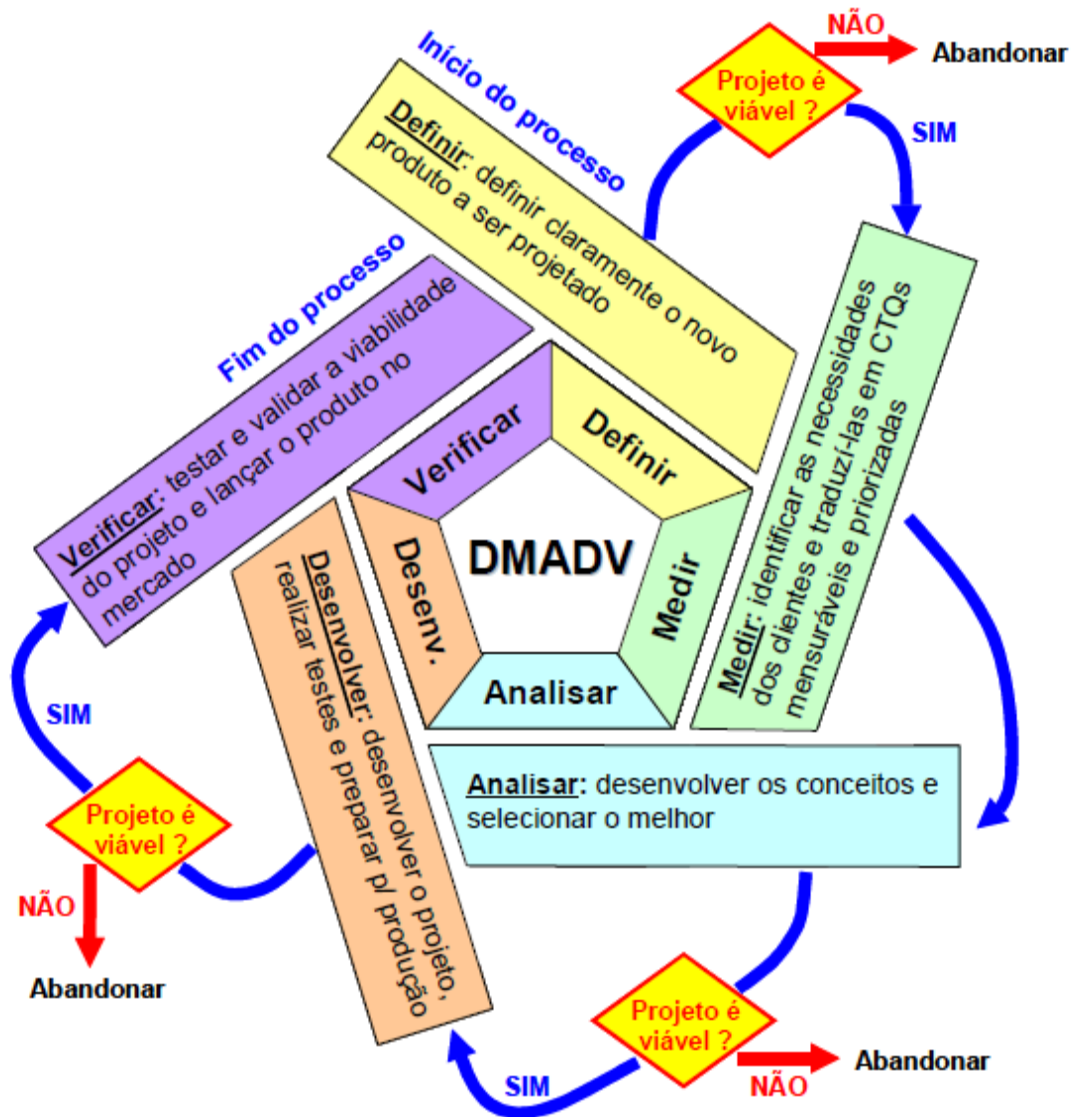


Figura 14: O Método DMADV
Fonte: FIORAVANTI, 2005

2.4 Indústria Automotiva

2.4.1 Indústria Automotiva - evolução

A indústria automotiva ou automóvel é a indústria envolvida com o projeto, desenvolvimento, fabricação, publicidade e a venda de veículos automóveis. Em 2006, mais de 69 milhões de veículos, incluindo automóveis e veículos comerciais, foram produzidos no mundo. Em 2006, mais de 16 milhões de automóveis foram vendidos nos Estados Unidos, mais de 15 milhões na Europa Ocidental e cerca de 7 milhões na China. Em 2007 foi observada uma estagnação nos mercados da América do Norte, da Europa e do Japão, enquanto ocorre um crescimento nos mercados da América do Sul, especialmente do Brasil, e da Ásia, na Coreia do Sul e na Índia.

A indústria de automóvel produz automóveis para auxiliar no deslocamento e/ou transporte da população, de bens ou serviços. Atualmente os automóveis estão entre os bens de maior necessidade, expandindo sua relevância a diversos campos da natureza humana. O automóvel, hoje, representa para muitos um símbolo. Em teoria, as pessoas optam por veículos por necessidade. Porém, a indústria automóvel já percebeu que os veículos poderiam ter maior ou menor procura em função de sua aparência. Um automóvel pode transmitir uma "ideia" de como o seu dono é, ou de como ele gostaria de ser.

Com o aumento da população mundial, a redução de custos de produção, a revolução dos materiais, e com técnicas de fabricação inovadoras, a frota de automóveis cresce a cada ano, um conjunto de problemas inimagináveis na época da criação do automóvel. A poluição, o barulho, os acidentes, os congestionamentos, são alguns dos problemas oriundos do número excessivo de automóveis nos centros urbanos.

Algumas cidades do mundo tentam controlar, ou simplesmente proíbem o uso de veículos. Há diversas maneiras de limitar o uso dos automóveis nas grandes cidades. O fato é que as indústrias de automóvel não parecem se importar muito com o grande número de carros na Terra. Ao contrário, a disputa entre os fabricantes é acirrada. Os grandes fabricantes de automóveis gastam milhões de dólares por ano, na tentativa de convencer o usuário final, isto é, a população, de que o seu "produto" é melhor.

A indústria automóvel, em geral, pesquisa e investe cada vez mais, elevando o nível a um custo somente suportado por grandes empresas e por nações realmente desenvolvidas e com um alto poder de compra. A Tabela 5 mostra o Ranking de Vendas Globais, por número de veículos em 2007:

Tabela 5 - Ranking de Vendas Globais, por número de Veículos (2007)

1	Toyota	9.366.000
2	GM	8.902.252
3	Volks	6.191.618
4	Ford	5.964.000
5	Hyundai/Kia	3.961.629
6	Honda	3.831.000
7	Nissan	3.675.574
8	PSA/Peugeot	3.428.400
9	Chrysler	3.676.268
10	Fiat	2.620.864

Fonte: (SANTOS E PINHÃO, 1999)

Alguns fabricantes de veículos acabam por tornar-se uma espécie de representantes nacionais, como por exemplo, a Ford é para os Estados Unidos, ou a Ferrari é para os italianos, entre outros. Há casos de grandes nações produtoras e consumidoras de veículos, mas que não possuem um "representante". Este é o caso do Brasil, possui fabricantes diversos, exportam para todo o globo, contudo não tem uma marca internacionalmente expressiva. (REYNOL, 2015)

2.4.2 Indústria Automobilística no Brasil

A indústria automobilística brasileira contou com uma produção de quase três milhões de veículos em 2007. No Brasil encontram-se instalados os maiores fabricantes mundiais, como Toyota, Ford, GM (Chevrolet), Volkswagen, FCA, Mitsubishi, Peugeot, Citroën, Mercedes-Benz, Renault etc., e também alguns fabricantes nacionais emergentes, como a Marcopolo, Agrale, Randon, dentre outros.

A produção de veículos no Brasil iniciou-se no final dos anos 50, com a implantação das fábricas da Volkswagen, Toyota, Ford (automóveis e comerciais leves), Mercedes Benz, Scania (caminhões e ônibus) – todas em São Bernardo do Campo –, General Motors (automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus) – em São Caetano do Sul – e Ford (caminhões) – na cidade de São Paulo. Em que pese o alto grau de verticalização dos fabricantes de veículos, característico daquela época, foi sendo criado um imenso parque metal-mecânico de autopeças naqueles municípios, que viria a abranger, ainda, os municípios de Santo André e Diadema, entre outros.

Com base nessas informações o impacto dos novos investimentos na região tradicional de produção de veículos ainda não pode ser avaliado, mas deverão ser considerados no futuro o nível de emprego na região e a redução da participação na produção total de veículos do país.

As novas fábricas estão estabelecendo um novo patamar de produtividade que deverá ser buscado pelas plantas mais antigas, implicando maiores investimentos em modernização. No caso de autopeças estima-se que, pelo menos a curtos e médios prazos, não ocorrerá uma redução significativa de participação, pois São Paulo ainda deve permanecer como o grande centro de fabricação de peças e componentes, que serão montados pelos sistemistas instalados nos demais estados.

Ao se realizar um paralelo com o crescimento do parque mineiro, é importante lembrar o tempo dessa implementação, assim como o expressivo aumento da produção local, além, é claro, de uma estratégia de atração de fornecedores.

Quanto às novas regiões, a avaliação também é prematura, porque é necessário aguardar a plena operação das novas plantas e a normalização do mercado brasileiro. Os impactos regionais são de difícil mensuração em curto prazo, porém podem ser esperados: a geração de empregos local, a elevação da renda da região e os ganhos derivados de investimentos de infraestrutura, comuns a outras atividades.

Os novos projetos guardam aspectos semelhantes, como a descentralização para o Sudeste e o Sul – à exceção da planta da Ford na Bahia – e as oportunidades para desenvolvimento de fornecedores locais. De modo geral, as montadoras instaladas no país têm projetos de construção de grandes unidades e, em sua maioria, serão seguidas por seus fornecedores, já presentes também no

Brasil. Com relação aos novos fabricantes de veículos, os europeus estão investindo em plantas de escala significativa e, de modo geral, seus fornecedores mundiais estão inaugurando unidades no país.

Com o objetivo de aumentar suas participações no mercado global, principalmente na América do Sul, adotam uma estratégia comum para o MERCOSUL, buscando a integração das plantas do Brasil e da Argentina. As novas plantas procuram maior racionalidade, realizando apenas as atividades de estamparia, fechamento e pintura da cabine e montagem final do veículo, transferindo o maior número possível de operações para os fornecedores. Para atender a esses novos conceitos de produção das montadoras, verificam-se também a entrada e o fortalecimento de grandes fabricantes mundiais de autopeças no país. Vários já estavam presentes, porém estão alargando suas linhas de atuação e consolidando-se nos novos espaços.

A maioria instalou-se com uma perspectiva de mercado integrado do MERCOSUL e até mesmo da América do Sul. Muitos são grandes fabricantes mundiais que hoje se constituem em um grupo tão atuante como as montadoras de veículos, em função da absorção de inúmeras atividades anteriormente realizadas por elas. São esperadas mudanças no setor de autopeças, podendo-se observar que deverá crescer o número de fabricantes de determinado produto, uma vez que cada montadora tende a trazer fornecedores diferentes. Há também expectativa de mudanças no relacionamento com as montadoras.

À medida que os fornecedores globais – participantes de um grupo que acompanha a montadora em diversos países e responsáveis pelo desenho e desenvolvimento de produto – passam a instalar unidades no país, deve ser estabelecido, então, um novo relacionamento. De porte econômico significativo e com contratos de venda realizados mundialmente, esses fabricantes globais devem obter um relacionamento diferenciado, como, por exemplo, contratos de longo prazo, tamanho de compras garantido e compartilhamento de ganhos de produtividade nas margens de lucro.

Tendo em vista o nível inicial de importação dos sistemistas para atender às maiores plantas, bem como a necessidade de aumentar a participação das compras locais, em função de obter menores estoques, redução de custos de logística e maior flexibilidade de operação, acredita-se que há espaço para o desenvolvimento

de empresas locais, atendendo não só às montadoras, mas, principalmente, aos novos fornecedores diretos instalados no país.

Nesse aspecto, as melhores oportunidades para os fornecedores locais estariam nas pequenas e médias empresas, que são, em sua maioria, de capital nacional. Para isso precisariam se adequar, em termos de qualidade e capacidade de produção, para BNDES Setorial, atender aos sistemistas e aos novos fabricantes que estão se instalando nos diversos pólos.

O BNDES tem apoiado diversos desses projetos de implantação, expansão e modernização de montadoras e fabricantes de autopeças, destacando a relevância desses empreendimentos enquanto geradores de empregos, formadores de mão de obra qualificada e multiplicadores do conhecimento e da atividade econômica, ancorando o surgimento de novos pólos industriais.

Por fim, cabe destacar a posição privilegiada do Brasil no cenário mundial da indústria automobilística, considerando o desempenho do setor após a estabilidade das economias sul-americanas. No período 1993/97, quando foram definidos os investimentos, o Brasil apresentou uma taxa de crescimento média de 12% a.a. na produção de veículos, enquanto o mundo crescia a 3,5%. Apesar das flutuações de demanda, o potencial do mercado interno é o principal objetivo dos investimentos recentes. Esses investimentos comprovam a importância estratégica do Brasil, em particular, e do MERCOSUL, em geral, para alguns dos maiores fabricantes mundiais, não só pelo potencial existente de mercado, mas também por ser uma região de cultura ocidental, com mão de obra qualificada, disponibilidade de matérias-primas, capacidade exportadora e um grande parque metal-mecânico instalado. (Santos & Pinhão 1999)

2.5 Chicotes Elétricos

2.5.1 A importância dos chicotes elétricos automotivos

Os chicotes elétricos automotivos constituem um conjunto de cabos que transporta a energia aos sensores e aos vários sistemas de um veículo. A principal função dos chicotes elétricos automotivos é conduzir eletricidade.

Apesar disso, os chicotes elétricos automotivos não servem apenas para gerenciar o suprimento de energia, como também para transferir informações a fim de integrar todo o sistema. Como os chicotes elétricos automotivos são extremamente complexos, a fabricação deles demanda, inclusive, trabalho manual. Veja na Figura 15 a disposição dos chicotes no interior do veículo:

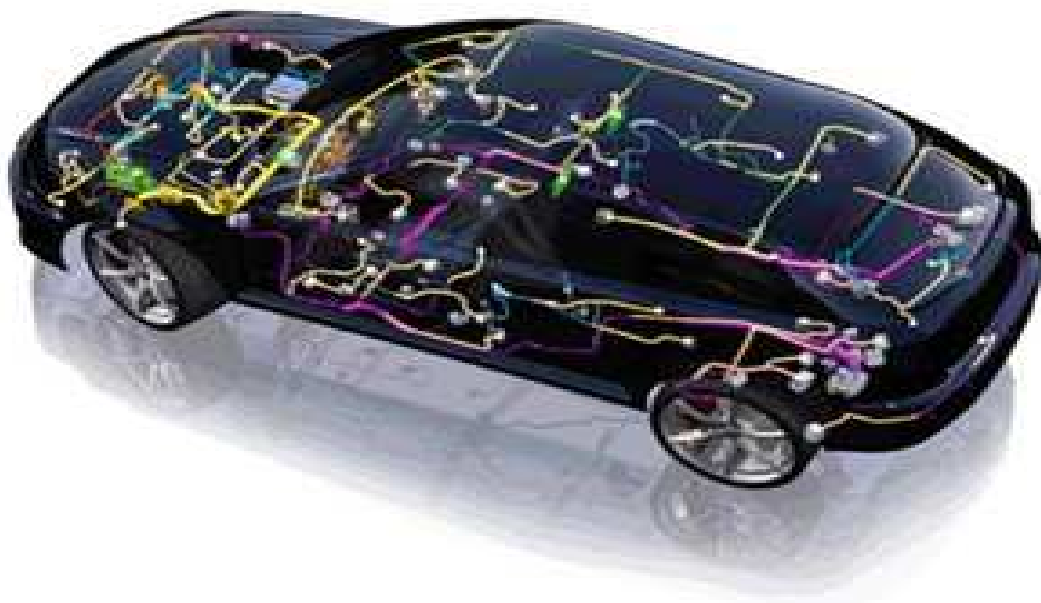


Figura 15: Layout do chicote no veículo
Fonte: KUTNEY, 2012

Qualidade e funcionalidade são quesitos que devem ser rigorosamente obedecidos na produção dos chicotes elétricos automotivos, pois os mesmos têm funções importantíssimas, como o controle dos freios. Além dos chicotes elétricos automotivos, existem os que são utilizados em máquinas industriais, ônibus e

caminhões. A imagem abaixo, Figura 16 apresenta um, dos vários tipos de chicotes elétricos existentes nos veículos:

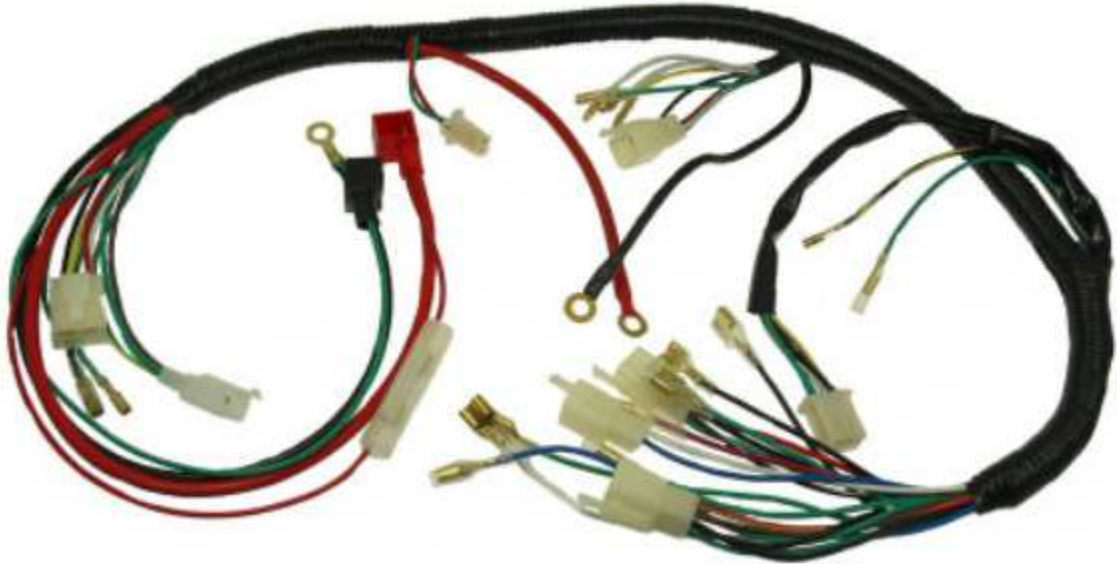


Figura 16: Chicote elétrico automotivo
Fonte: SCOOTER, 2018

Com relação aos novos fabricantes de veículos, os europeus estão investindo em plantas de escala significativa e, de modo geral, seus fornecedores mundiais estão inaugurando unidades no país. Com o objetivo de aumentar suas participações no mercado global, principalmente na América do Sul, adotam uma estratégia comum para o MERCOSUL, buscando a integração das plantas do Brasil e da Argentina.

As novas plantas procuram maior racionalidade, realizando apenas as atividades de estamparia, fechamento e pintura da cabine e montagem final do veículo, transferindo o maior número possível de operações para os fornecedores. Para atender a esses novos conceitos de produção das montadoras, verificam-se também a entrada e o fortalecimento de grandes fabricantes mundiais de autopeças no país. Vários já estavam presentes, porém estão alargando suas linhas de atuação e consolidando-se nos novos espaços. A maioria instalou-se com uma perspectiva de mercado integrado do MERCOSUL e até mesmo da América do Sul.

Muitos são grandes fabricantes mundiais que hoje se constituem em um

grupo tão atuante como as montadoras de veículos, em função da absorção de inúmeras atividades anteriormente realizadas por elas. São esperadas mudanças no setor de autopeças, podendo-se observar que deverá crescer o número de fabricantes de determinado produto, uma vez que cada montadora tende a trazer fornecedores diferentes.

Há também expectativa de mudanças no relacionamento com as montadoras.

À medida que os fornecedores globais – participantes de um grupo que acompanha a montadora em diversos países e responsáveis pelo desenho e desenvolvimento de produto – passam a instalar unidades no país, deve ser estabelecido, então, um novo relacionamento. De porte econômico significativo e com contratos de venda realizados mundialmente, esses fabricantes globais devem obter um relacionamento diferenciado, como, por exemplo, contratos de longo prazo, tamanho de compras garantido e compartilhamento de ganhos de produtividade nas margens de lucro.

Tendo em vista o nível inicial de importação dos sistemistas para atender às maiores plantas, bem como a necessidade de aumentar a participação das compras locais, em função de obter menores estoques, redução de custos de logística e maior flexibilidade de operação, acredita-se que há espaço para o desenvolvimento de empresas locais, atendendo não só às montadoras, mas, principalmente, aos novos fornecedores diretos instalados no país.

Nesse aspecto, as melhores oportunidades para os fornecedores locais estariam nas pequenas e médias empresas, que são, em sua maioria, de capital nacional. Para isso precisariam se adequar, em termos de qualidade e capacidade de produção, para BNDES atender aos sistemistas e aos novos fabricantes que estão se instalando nos diversos pólos.

O BNDES tem apoiado diversos desses projetos de implantação, expansão e modernização de montadoras e fabricantes de autopeças, destacando a relevância desses empreendimentos enquanto geradores de empregos, formadores de mão de obra qualificada e multiplicadores do conhecimento e da atividade econômica, ancorando o surgimento de novos pólos industriais. Por fim, cabe destacar a posição privilegiada do Brasil no cenário mundial da indústria automobilística, considerando o desempenho do setor após a estabilidade das economias sul-americanas.

No período 1993/97, quando foram definidos os investimentos, o Brasil apresentou uma taxa de crescimento média de 12% a.a. na produção de veículos, enquanto o mundo crescia a 3,5%. Apesar das flutuações de demanda, o potencial do mercado interno é o principal objetivo dos investimentos recentes.

Esses investimentos comprovam a importância estratégica do Brasil, em particular, e do MERCOSUL, em geral, para alguns dos maiores fabricantes mundiais, não só pelo potencial existente de mercado, mas também por ser uma região de cultura ocidental, com mão de obra qualificada, disponibilidade de matérias-primas, capacidade exportadora e um grande parque metal-mecânico instalado. (Santos & Pinhão 1999)

3 Metodologia

3.1 Escolha da metodologia de trabalho

A metodologia escolhida para a execução deste trabalho foi baseada nas fases do DMADV: Definir, Medir, Analisar, Desenvolver e Verificar, visto que se trata de um projeto novo onde a metodologia aplicada veio do Design for Six Sigma.

3.2 Fase Definir

Nesta fase foram definidas de maneira clara o novo produto (chicote elétrico) para uma Máquina Agrícola (Pulverizadora). Foram avaliados e verificados os “dados de entrada” para este novo projeto que eram os desenhos fornecidos pelo cliente e as datas esperadas por ele para o desenvolvimento e conclusão do mesmo.

Diante disso percebeu-se a grande quantidade de componentes novos para este novo projeto, o que inicialmente, seria um dificultador para o atendimento das datas estipuladas pelo cliente. Devido a esse fator se justifica a utilização do DFSS de maneira a avaliar e eliminar possíveis componentes novos encontrados nos desenhos dos chicotes enviados pelo cliente que compõe esta nova máquina evitando que a utilização destes itens novos interfira de maneira negativa no desenvolvimento do projeto, como por exemplo, desenvolvimento de novos ferramentais, alto lead time para componentes importados, o que acarretaria no atraso do cronograma do projeto devido ao desenvolvimento de novos itens além de custos para validações destes novos componentes que aumentariam o preço do chicote elétrico e diminuiria a viabilidade do projeto.

Algumas considerações importantes nesta fase Definir:

Análise de Regressão: A escolha do mercado agrícola para aplicação deste projeto é o fato de que este mercado é um potencial para as empresas que produzem chicotes elétricos. O chicote elétrico de uma máquina agrícola é relativamente caro devido à alta tecnologia destas máquinas nos dias atuais;

Diagrama de relações: Apresentar diagrama de relações mostrando as relações entre inserir novos componentes nos chicotes e o que isso atrapalha o desenvolvimento do projeto;

3.3 Fase Medir

Nesta fase foram avaliadas as características críticas do produto para o cliente onde, com dados coletados, foi possível medir e estabelecer as características críticas para o produto e para este novo desenvolvimento.

Através de algumas ferramentas de qualidade foi possível medir qual seria o possível “calcanhar de Aquiles” para este novo desenvolvimento.

3.4 Fase Analisar

Com as informações estratificadas por chicote, os componentes foram divididos em subgrupos, aonde foi possível identificar as diferentes categorias de componentes presentes no chicote elétrico bem como realizar o estudo de tornarem comuns os itens novos para o chicote sendo substituídos por componentes similares ou equivalentes já existentes nos mesmos desenhos ou em outros projetos da fábrica.

3.5 Fase Desenvolver

Foram realizadas várias reuniões com o cliente onde foram apresentadas as propostas para estes componentes novos onde, em conjunto com os departamentos de Engenharia de Produto, Qualidade e Compras do cliente foram analisados 100% dos itens propostos sendo que alguns deles não foi possível a substituição devido à

particularidades na aplicação desta nova máquina, e grande parte tiveram a avaliação aprovada pelo cliente.

Posteriormente, foram produzidos os chicotes de Protótipos para estas primeiras Máquinas serem testadas em campo. Com as alterações realizadas e aprovadas pelo cliente, fizemos o acompanhamento em loco da montagem onde foram encontrados alguns problemas de desenvolvimento do produto, o que é normal nesta fase do projeto, porém, nenhum deles relacionados às propostas feitas durante o processo de desenvolvimento dos chicotes elétricos. Algumas mudanças foram necessárias no desenho do cliente que enviou uma nova revisão de desenho para que fosse realizada a alteração do chicote.

Para garantir que as propostas aprovadas pelo cliente estejam de acordo com a documentação necessária, foram preenchidos formulários de Desvios no formato do utilizado pelo cliente, para que fossem descritas todas as alterações do produto com a aprovação das áreas de Engenharia e Qualidade.

Esses desvios possuem a validade até que o cliente gere uma nova revisão dos desenhos e desenho/chicote estejam de acordo com o projeto. Iniciamos os desenvolvimentos do FMEA (Análise de Modos de Falha e Efeitos) para cada chicote, verificando as necessidades de acordo com a criticidade de cada item conforme a função na máquina e iniciando o desenvolvimento dos ferramentais bem como os testes de terminais, tração dos cabos, testes de vedação, dimensional, pois para a produção normal dos chicotes são necessários que os ferramentais estejam todos desenvolvidos e liberados bem como os operadores treinados em suas operações.

3.6 Fase Verificar

Nesta fase pretende-se iniciar a produção do chicote. Uma vez aprovados os chicotes da fase piloto (protótipo), os meios de produção desenvolvidos e liberados e os operadores aptos a trabalhar em seus postos é realizado o acompanhamento diário da produção.

São criadas cartas de verificação, cálculos de DPMO, planos de ação para possíveis defeitos apresentados na linha de montagem para fazer o monitoramento do projeto, principalmente na fase de “arranque”, nos primeiros três meses do projeto.

4 Resultados

O desenvolvimento de um novo projeto em uma indústria de chicotes elétricos deve ser muito rápido devido à alta demanda das montadoras principalmente no que diz respeito às Montadoras Agrícolas que devido às safras, plantações, precisam que as máquinas estejam trabalhando em alto nível durante grande parte do ano.

Este novo projeto tem grande impacto para a indústria de Chicotes Elétricos, pois dentre todas as montadoras, às de Máquinas Agrícolas e de Construção Civil, possuem os chicotes mais caros devido ao alto nível de tecnologia a eles aplicado.

O projeto de uma Máquina Agrícola é formado por vários chicotes, cada um responsável por uma determinada região, por exemplo: Chicotes da Cabine, Chassis, braços da Máquina, Teto, etc. Estes chicotes possuem componentes chamados conectores que podem unir uns chicotes aos outros (in line), como também serem conectados diretamente na Máquina.

Os componentes dos chicotes foram divididos em algumas categorias para facilitar a avaliação das propostas:

- Elementos de fixação: São os chamados clips e presilhas existentes nos chicotes para fazer a fixação do mesmo à carroceria da máquina. Estes itens são de grande importância, pois devem seguir especificações como material, classe de temperatura, e principalmente dimensionais adequadas conforme o projeto para evitar as interferências na máquina.
- Elementos de Revestimento: Não menos importante, o itens de revestimento são responsáveis por proteger geralmente os cabos contra o meio externo. Existem vários tipos de revestimentos de chicotes como fitas, conduítes abertos e fechados, termos retráteis, peças plásticas, caixas protetoras, etc;
- Elementos de transmissão de sinais: Estes são os itens responsáveis por gerenciar o suprimento de energia e realizar a transmissão de sinais elétricos da máquina/veículo. Ex.: Luzes, alarmes, travas elétricas, vidros, air bag, freios, etc; São feitos de materiais condutores e dependendo da aplicação com grande resistência à corrosões, com diferentes tipos de banhos, ligas, etc;
- Isolação: São itens de grande importância, por exemplo, em áreas da máquina que não podem entrar em contato direto com água, ex: o interior de

uma cabine. Os selos, plugs, buchas, guarnições são os grandes responsáveis por desempenhar este papel no chicote.

4.1 Escolha da Metodologia de Trabalho

Foi utilizada a metodologia Seis Sigma para o desenvolvimento deste novo projeto conforme fluxograma mostrado na Figura 17:

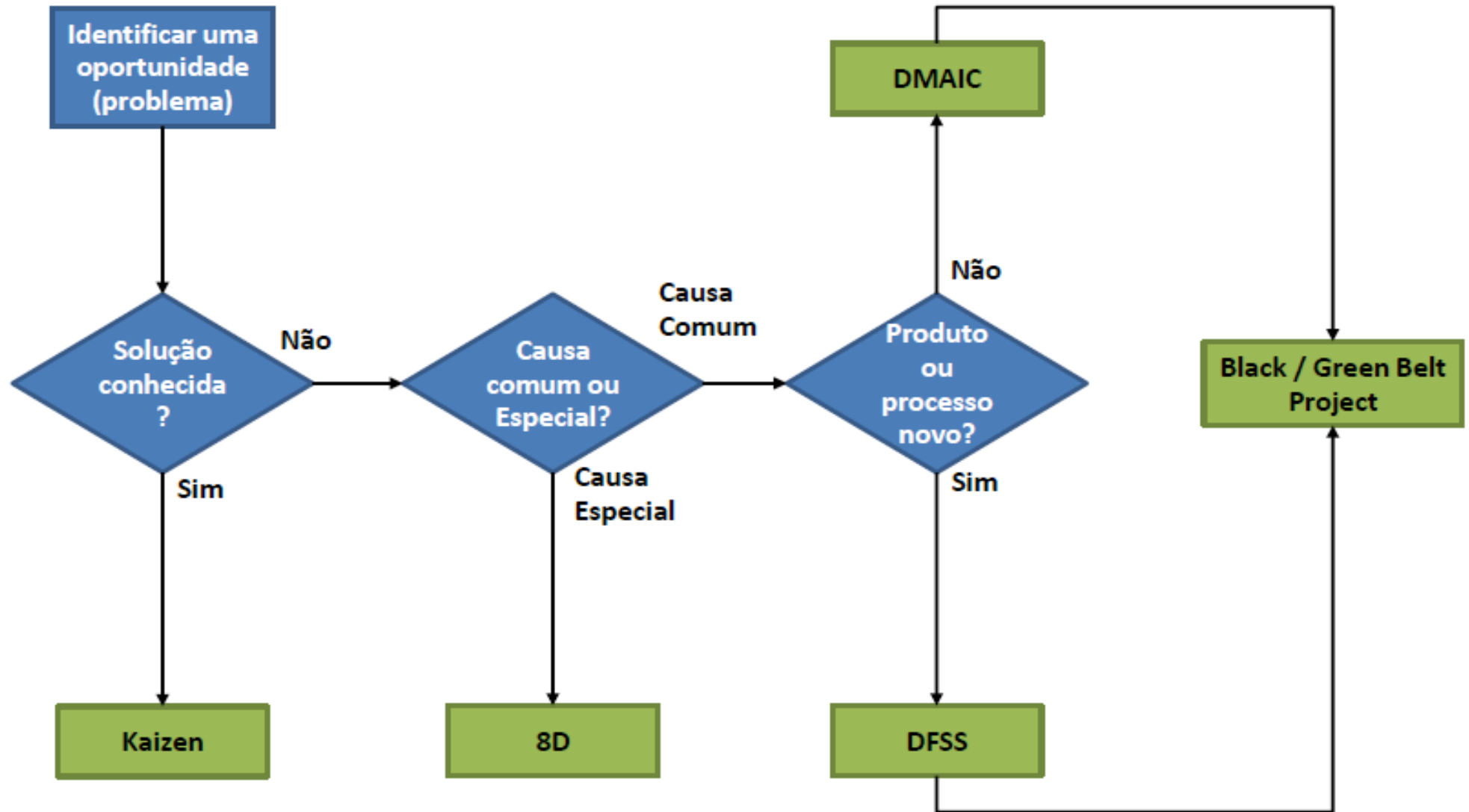


Figura 17: Fluxograma para escolha da metodologia Seis Sigma

4.2 Fase Definir

Para este projeto foram considerados oito chicotes, sendo que alguns são de mesmas regiões da máquina, porém, alguns para uma Máquina com mais opcionais que a outra.

A avaliação dos dados de entrada ajudou a perceber uma grande quantidade de componentes novos para a fábrica juntamente com o Lead Time do projeto, que especificava entrega de chicotes de protótipos em outubro/2017.

Veja na Figura 18 o desenho do chicote do Motor da máquina:

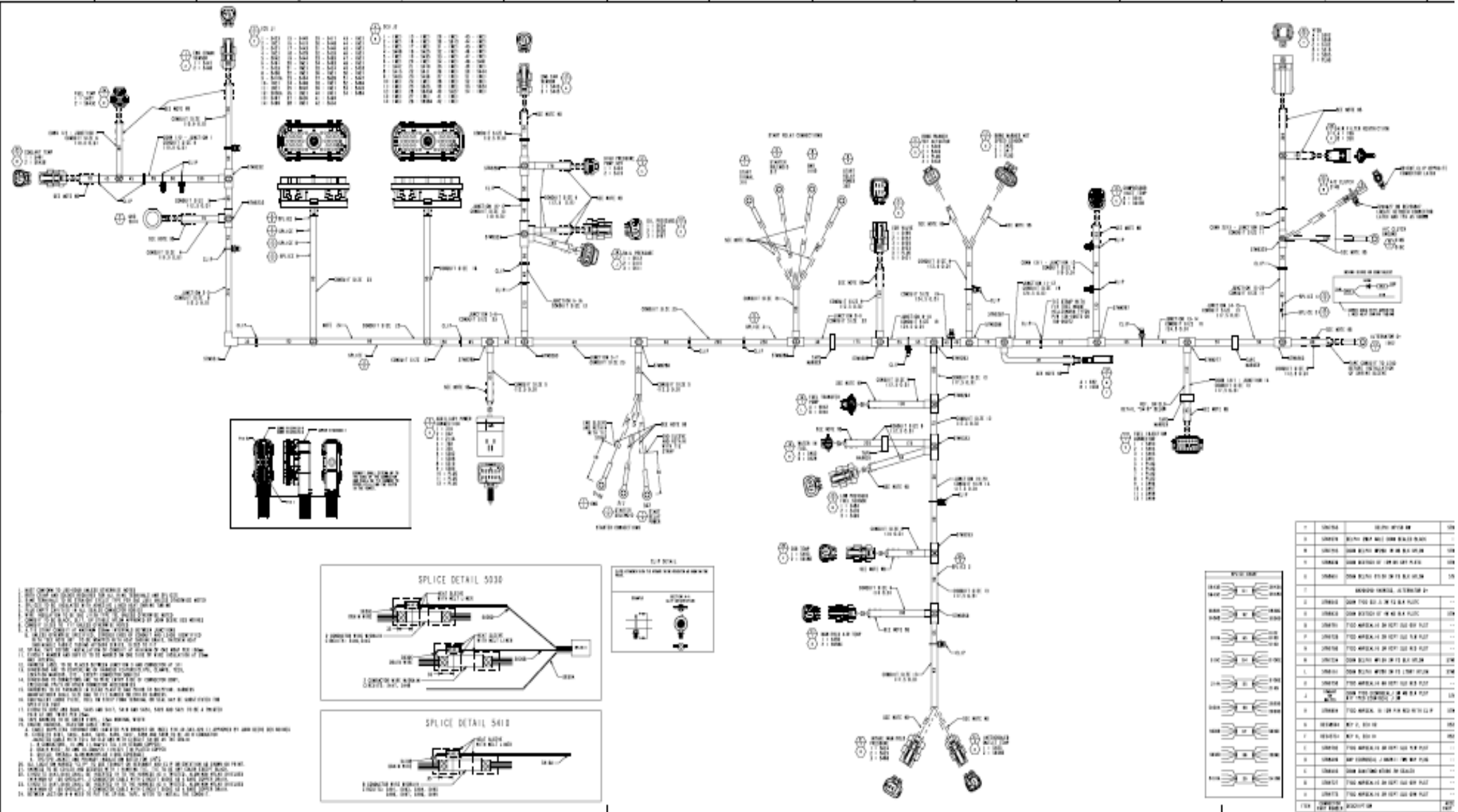


Figura 18: Desenho de um chicote elétrico

Dentro do escopo de atividades da Engenharia de Produto abaixo temos o Mapeamento das atividades de Engenharia de Produto para projeto novo conforme Figura 19:

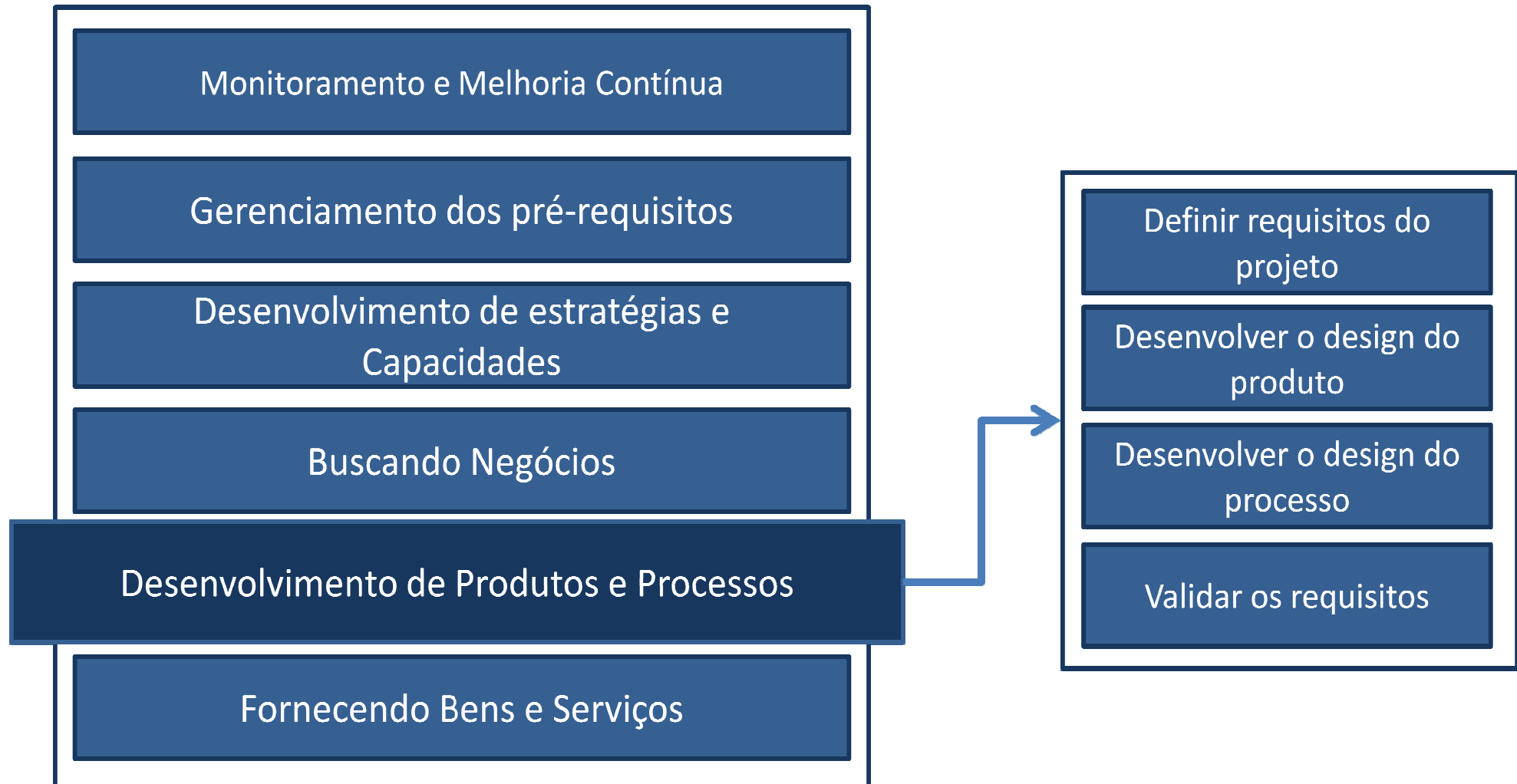


Figura 19 Mapeamento das Atividades de Engenharia de Produto

O Cronograma para a implementação do projeto foi utilizado conforme Figura 20:

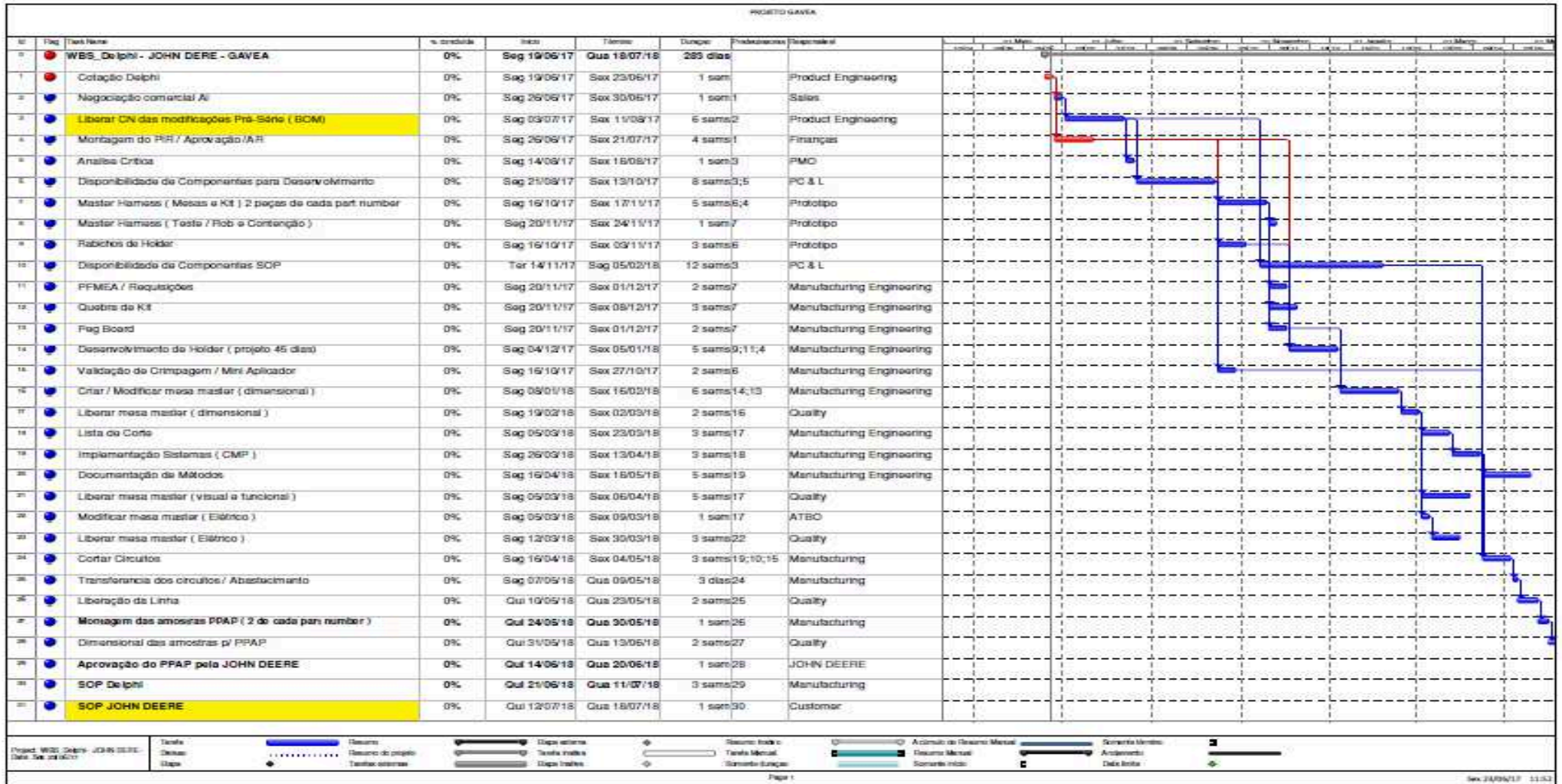


Figura 20: Cronograma do Projeto

Veja na Figura 21 a quantidade de componentes por chicote de acordo com as subdivisões e o total de componentes somados para o projeto todo.

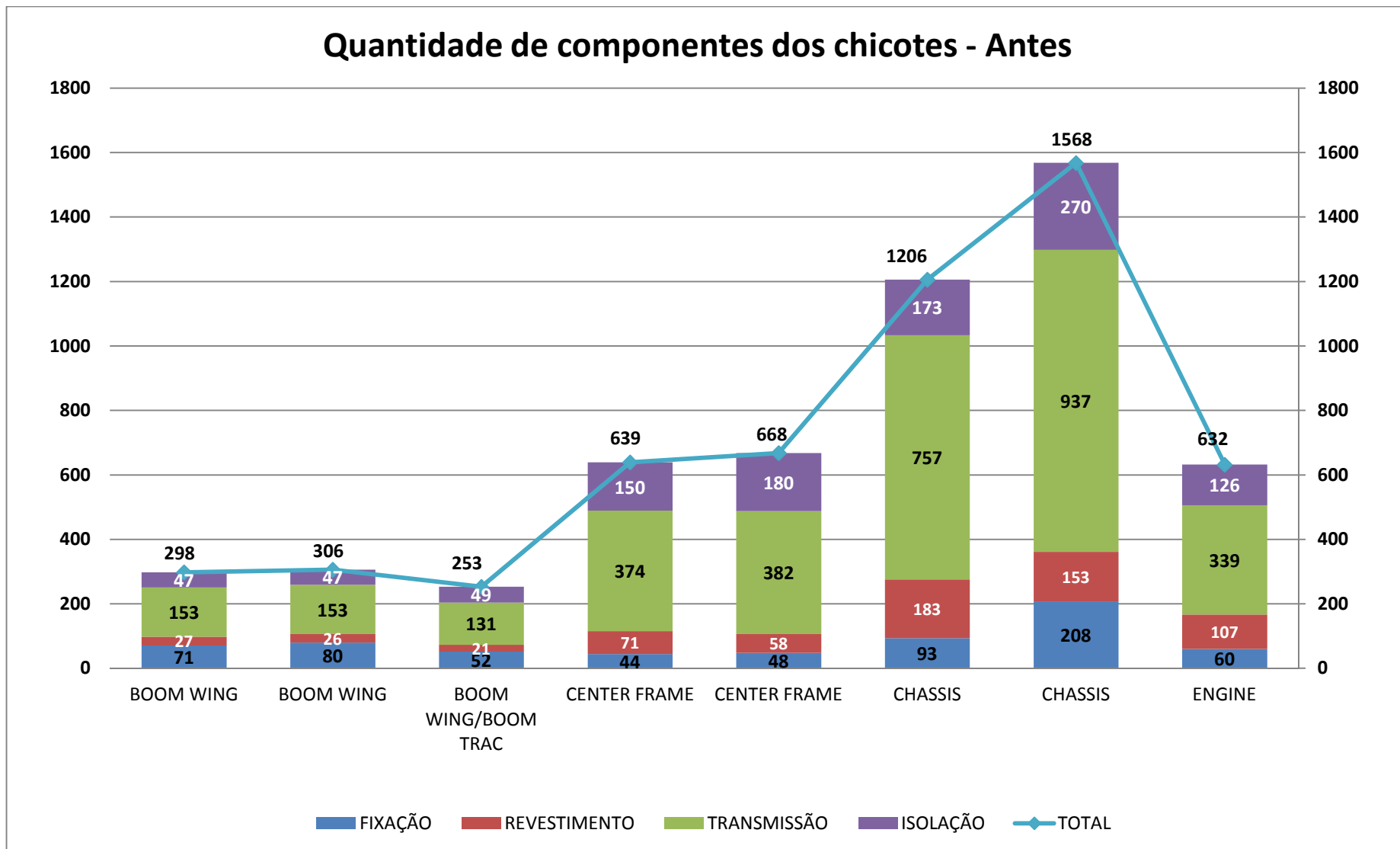


Figura 21: Quantidade de componentes dos chicotes - Antes

Veja na Figura 22 a quantidade de variação de componentes por chicote de acordo com as subdivisões e o total de componentes somados para o projeto todo.

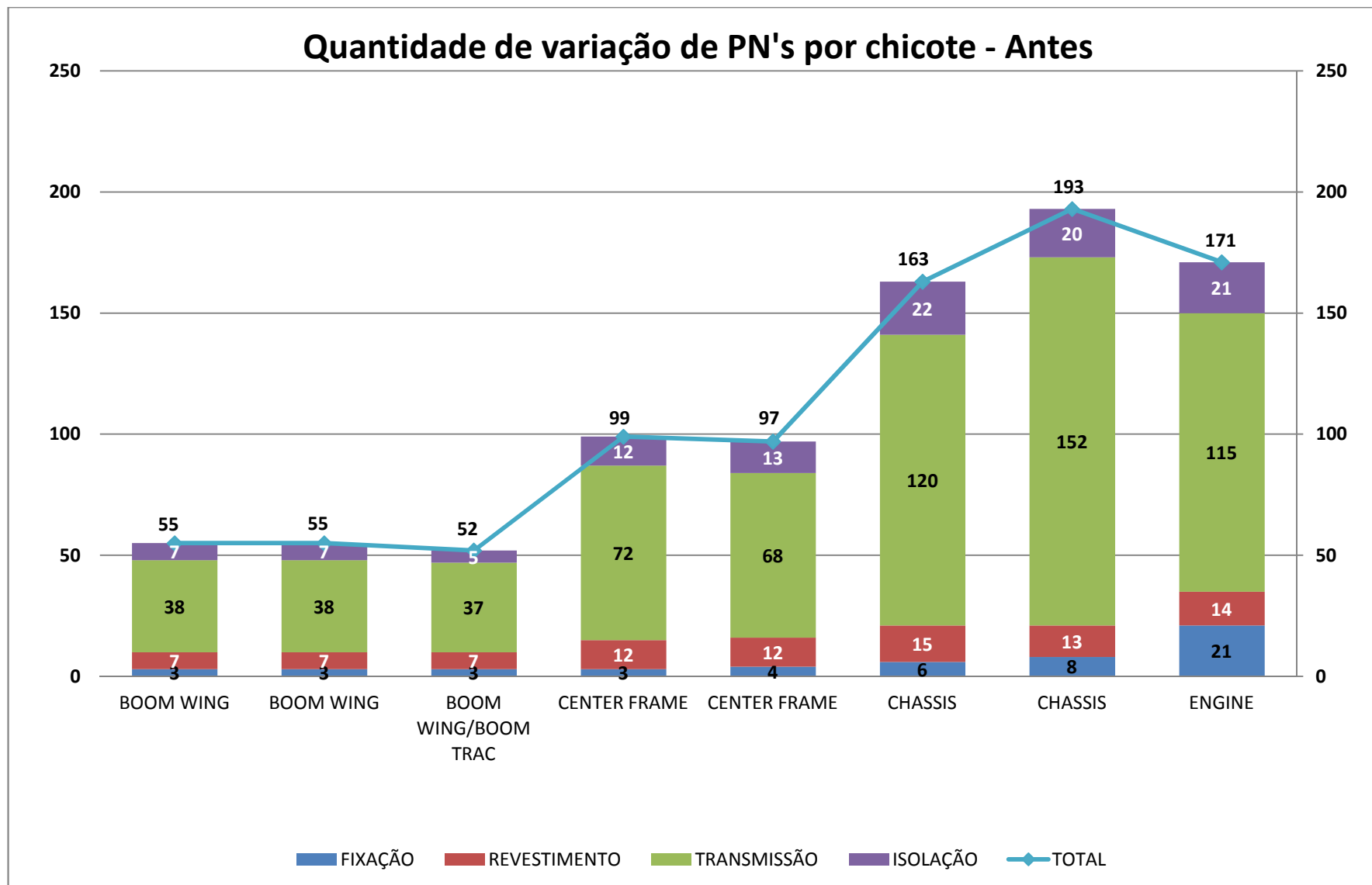


Figura 22: Quantidade de variação de PN's por chicote - Antes

Considerando as informações dos gráficos e das tabelas acima é possível perceber a grande variedade de componentes que formam o chicote.

Dos 885 tipos diferentes de itens para este novo projeto, 223 são itens novos e precisam ser eliminados do projeto.

4.3 Fase Medir

Nesta etapa foram identificados os possíveis riscos para o desenvolvimento do projeto.

Utilizando o Diagrama de Causa e efeito foram colocados os itens que poderiam ser prejudiciais ao cumprimento das datas estipuladas pelo cliente, conforme mostra a Figura 23:

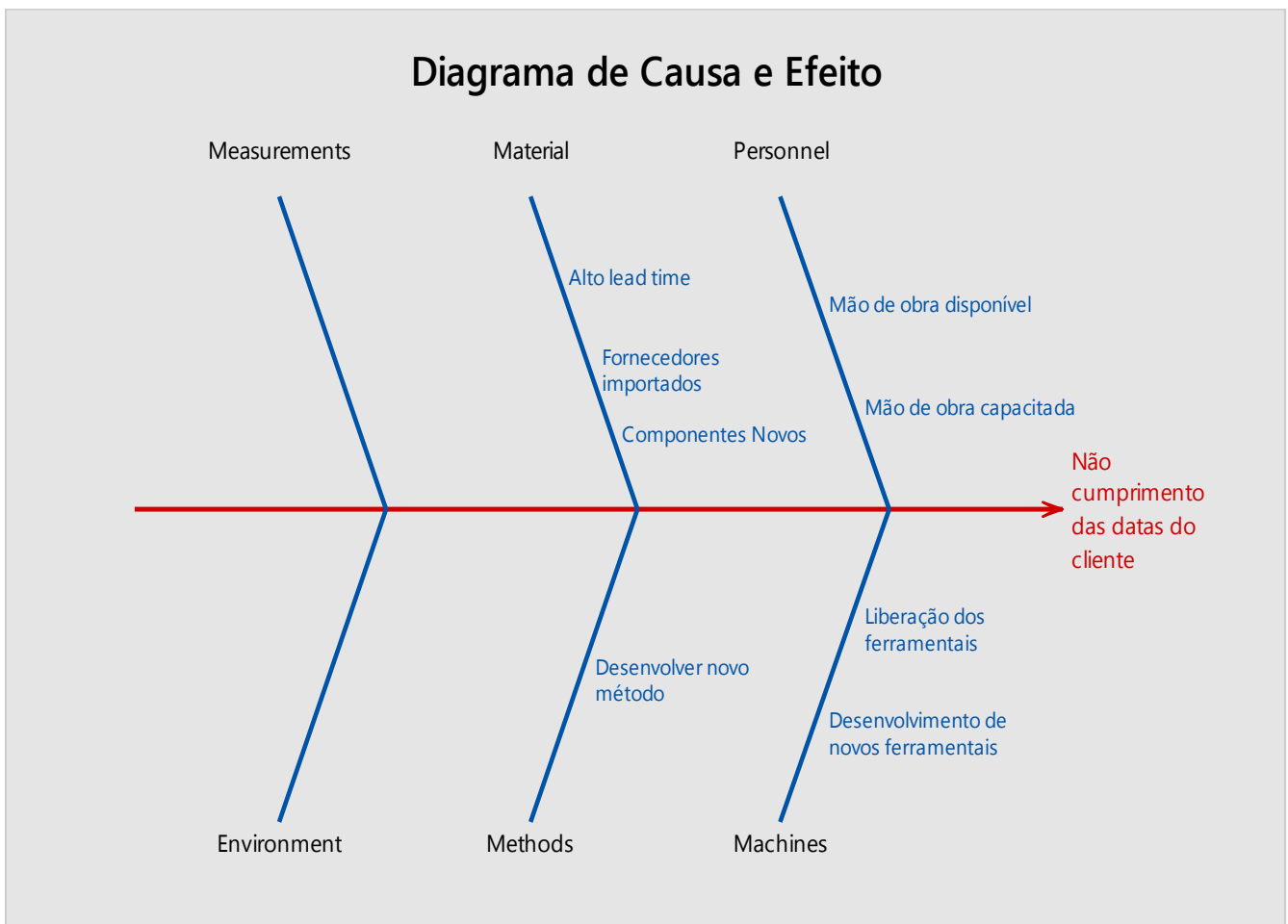


Figura 23: Diagrama de Causa e Efeito

Foi criada a Matriz de Causa e Efeito conforme Tabela 6 para pontuar o que poderia gerar maiores dificuldades para o não cumprimento das datas. Ficou evidenciado que os componentes novos juntamente com o alto lead time de componentes seriam os grandes vilões para o desenvolvimento do projeto.

Tabela 6 - Matriz de Causa e Efeito

		Não cumprimento das datas do projeto	
Possíveis Causas			Total
Nº			
9	Alto impacto		
3	Médio impacto		
1	Baixo impacto		
	Impacto	9	
	Impacto	1	
1	Alto lead time de componentes	9	81
2	Fornecedores importados	6	54
3	Componentes novos	9	81
4	Mão de obra disponível	1	9
5	Mão de obra capacitada	1	9
6	Desenvolver novo método	3	27
7	Liberação dos ferramentais	3	27
8	Desenvolver novos ferramentais	3	27
	Total	35	315

Posteriormente foi gerado um gráfico de Pareto para verificar as possíveis causas que seriam atacadas no desenvolvimento do projeto. Com mais de 50% dos resultados verificou-se que Componentes Novos e Alto lead time dos componentes seriam os vilões deste desenvolvimento e precisariam ser eliminados.

A Figura 24 mostra as principais causas para o não cumprimento das datas do projeto:

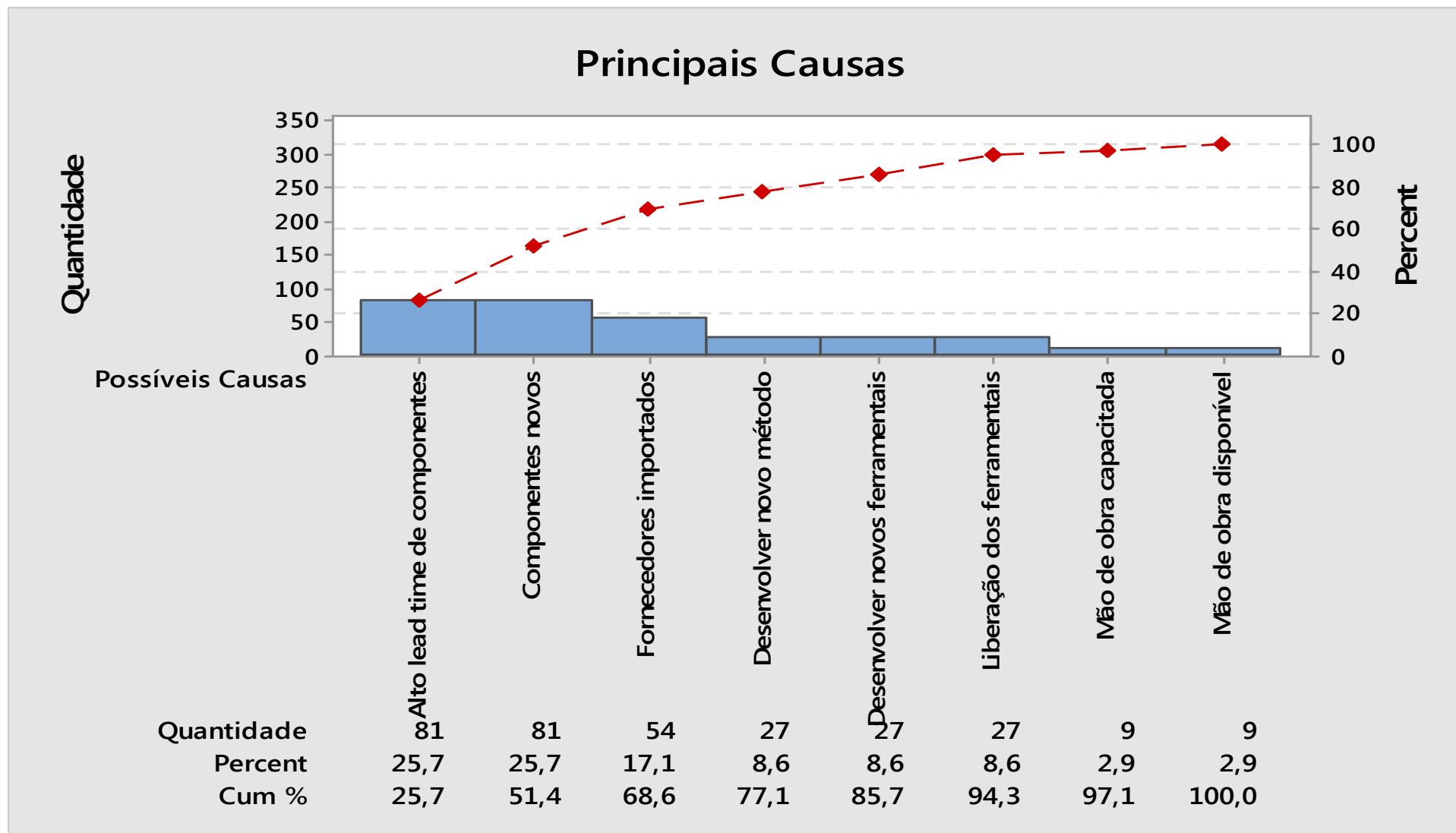


Figura 24: Principais Causas para o não cumprimento das datas do projeto

4.4 Analisar

Para esta etapa do projeto foi necessário avaliar de quais maneiras poderiam ser reduzidas ou eliminadas as principais causas de problema para o atendimento das datas do projeto.

Visto que o problema “Alto lead time de componentes” está atrelado aos “componentes novos”, isso devido ao fato que como os fornecedores são novos precisa de um tempo maior para desenvolver e produzir os mesmos. O grupo entendeu que atacando a causa “Componentes Novos” poderia também reduzir o item “Alto lead time de componentes”.

Iniciou-se então o árduo trabalho da Engenharia de Produto em analisar item a item, chicote por chicote, dentro das características de divisão que foram feitas anteriormente.

As análises foram realizadas considerando o agrupamento de itens mostrado anteriormente, fixação, transmissão de sinais, revestimento, isolamento.

4.5 Desenvolver

Para os itens caracterizados como Elementos de Fixação: Foram verificadas informações do tipo: diâmetro do furo da chapa, material, altura/largura do componente para realizar as propostas.

Para o item Revestimento nota-se que não foi eliminado nenhum item, pois são todos itens normais de produção e que não iriam interferir negativamente para a análise em questão.

Já para o item Transmissão, foram analisadas e realizadas a maior quantidade de propostas. Para estes casos, a alteração de cabos e terminais foram a de maior impacto. Para a avaliação dos cabos o desenho do cliente especificava cabos do tipo de isolamento GXL que é construído sob as características da norma SAE (Society of Automotive Engineers - EUA). Uma vez que o Desenho é criado em Des Moines (EUA). Para aplicação desta máquina no Brasil realizamos a proposta de utilizar cabos segundo a norma DIN (Deutsches Institut für Normung). Para o nosso caso, o cabo proposto possui classe de temperatura ainda maior que o especificado em desenho. E as mesmas características de isolamento. A Figura 25

mostra a nota em desenho especificando a utilização de cabos conforme a norma SAE J1128:

6. WIRE INSULATION TO BE SAE J1128 TYPE GXL UNLESS OTHERWISE NOTED.

Figura 25: Nota de um desenho especificando tipo de isolamento dos cabos

Outro fator determinante para os elementos de transmissão foram os terminais.

Dentro desta análise foram avaliadas características como: dimensional, material, faixa de aplicação de cabos e banho como essenciais na avaliação. Veja abaixo na Figura 26 uma comparação de terminais similares propostos deste projeto:

Chicote AKK23146				
07 - Especificado: 57M9811 (PN Fornecedor 13629417)				
13629417	01	AB	ACTIVE	638078-3
		638078-3		FINISH : PLATE 0.000100-0.000200 THK TIN IN LOCALIZED TIN PLATE AREA, ALL OVER 0.000040-0.000080 THK NICKEL.
Chicote AKK23146				
07 - Proposto: 57M10603 (PN Fornecedor 13793941)				
13793941	01	AA	ACTIVE	2098250-3
NICKEL		2098250-3		

Figura 26: Comparação entre terminais similares - Análise Material

Nota-se que ambos são de Níquel e que os dimensionais são iguais. Na imagem abaixo, Figura 27, a análise dimensional dos terminais:

**07 - Especificado: 57M9811
(PN Fornecedor 13629417)**

**07 - Proposto: 57M10603
(PN Fornecedor 13793941)**

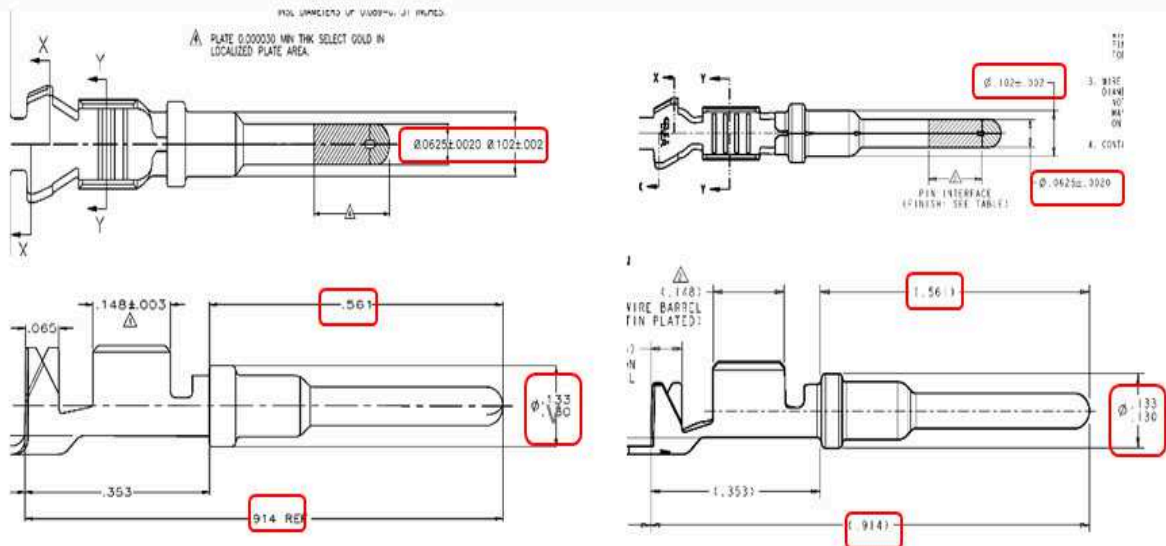


Figura 27: Comparação entre terminais similares – Análise Dimensional

Neste outro caso, terminal especificado e proposto possui banho de ouro, e os mesmos dimensionais e faixa de aplicação como mostra a Figura 28:

Chicote AKK28145

06 - Especificado: 57M8264 (PN Fornecedor 10725325)

10725325	01	AA	ACTIVE	0480-202-1631
----------	----	----	--------	---------------

3. WHEN ** = 31: PLATING IS GOLD OVER NICKEL.
 WHEN ** = 141: PLATING IS NICKEL.

Chicote AKK28145

06 - Proposto: 57M8538 (PN Fornecedor 15396500)

15396500	01	AB	ACTIVE	1060-16-0644
----------	----	----	--------	--------------

6. WHEN ** = 22 PLATING IS NICKEL.
 ** = 44 PLATING IS GOLD.
 ** = 77 PLATING IS TIN.
 ** = 88 PLATING IS SELECTIVE GOLD.

Obs.: Ambos terminais atendem bitola de 0,5mm² sendo que o proposto também atende bitolas de 0,8mm²;

Figura 28: Comparação terminais banhados a ouro

Para os itens de isolamento, as características mais importantes são garantir a vedação dos componentes e/ou proteção contra o meio externo.

Na Figura 29 abaixo, a foto do item proposto e logo abaixo a do item especificado em desenho, uma proposta de um boot para vedação em uma região de aterramento da máquina:



Figura 29: Boots para isolar a região de aterramento da Máquina

De maneira geral, considerando todas as propostas realizadas para o cliente as tabelas e os gráficos seguintes mostram a quantidade de componentes que deixariam de entrar no projeto.

Posteriormente às propostas aprovadas pelo cliente percebe-se a diferença de itens nas estruturas de cada chicote e no total geral do projeto. Veja na Figura 30 os dados totais antes e depois da implementação do projeto:

QUANTIDADE DE VARIAÇÃO DE PNS DE COMPONENTES DO CHICOTE-DEPOIS

IDENTIFICAÇÃO CLIENTE	IDENTIFICAÇÃO FORNECEDOR	FUNÇÃO	FIXAÇÃO	REVESTIMENTO	TRANSMISSÃO	ISOLAÇÃO	TOTAL ANTES	TOTAL DEPOIS
AKK23147	35125146	BOOM WING	2	7	25	7	55	41
AKK24284	35125144	BOOM WING	2	7	25	7	55	41
AKK25667	35125148	BOOM WING/BOOM TRAC	3	7	22	5	52	37
AKK23146	35125145	CENTER FRAME	3	12	48	12	99	75
AKK24428	35125143	CENTER FRAME	3	12	47	13	97	75
AKK28143	35145191	CHASSIS	5	15	79	20	163	119
AKK28145	35153850	CHASSIS	6	13	108	19	193	146
AKK28188	35147100	ENGINE	21	14	72	21	171	128
		TOTAL - CHICOTE	45	87	426	104	885	662
						DIFERENÇA		223

Figura 30: Quantidade de variação de PN's por chicote - Depois

O gráfico abaixo, Figura 31, mostra a variação dos PN's de componentes por chicote sendo que a linha amarela é a quantidade total antes da implementação do projeto e a linha verde após a implementação:

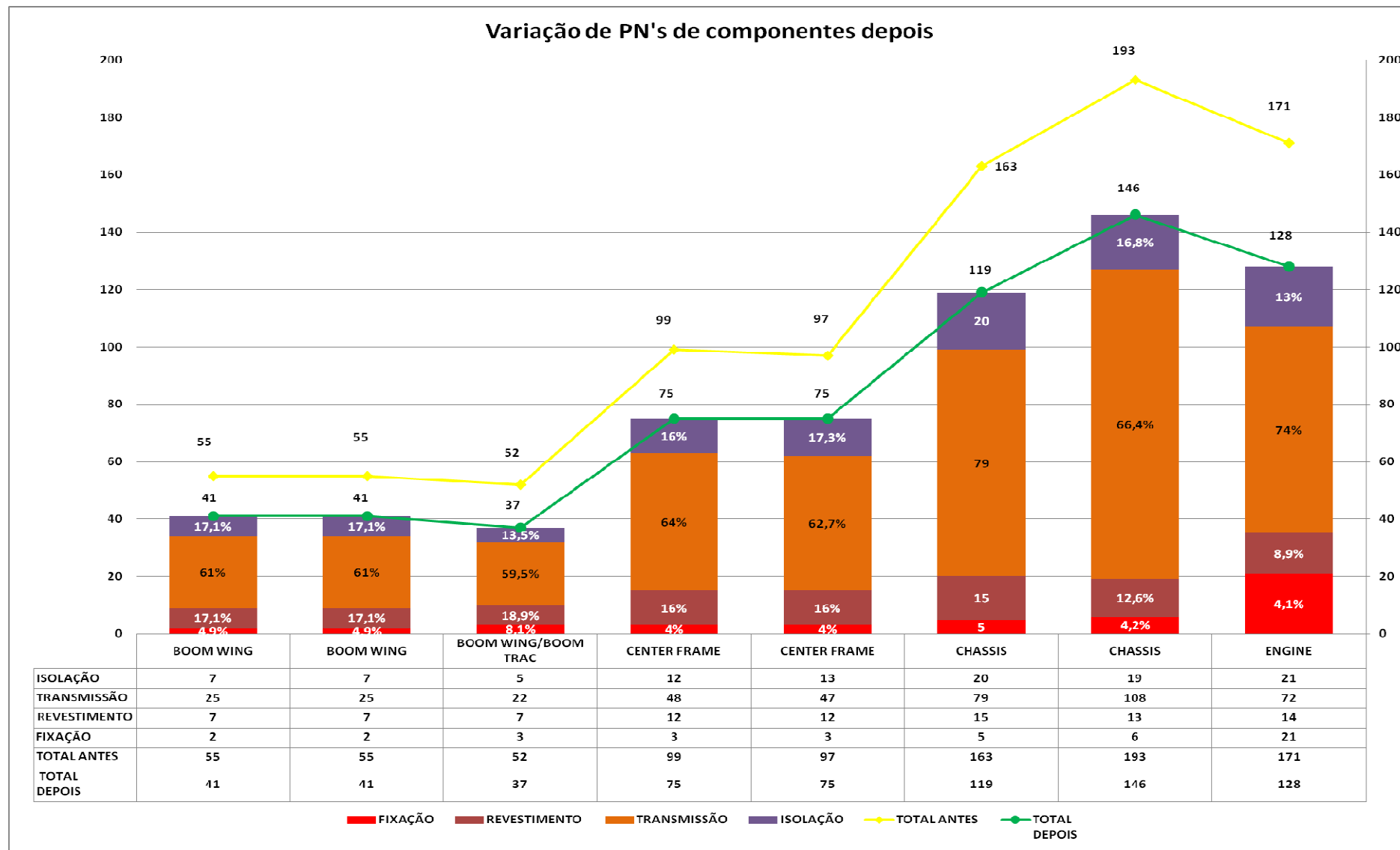


Figura 31: Comparação da quantidade de componentes Antes x Depois

No Gráfico acima a representação dos componentes por chicote e a linhas amarela e verde que representam, respectivamente, a quantidade total de componentes por chicote antes e depois das ações implementadas.

Houve uma redução significativa da variação de componentes para o projeto.

Abaixo uma visão geral do projeto com a quantidade total do antes e do depois na Figura 32:

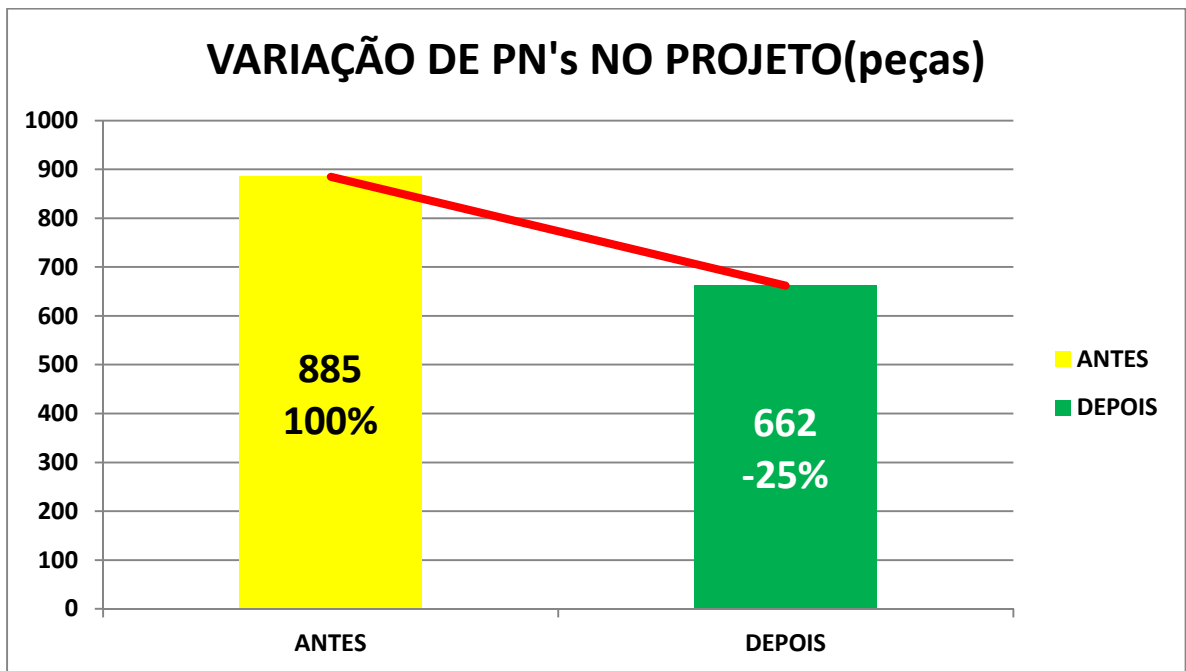


Figura 32: Variação de PN's no projeto

Conforme mencionado anteriormente não foi possível a redução de todos os itens novos devido às suas características técnicas, uma vez que eram 250 itens novos.

Nota-se que após a implementação das ações o projeto deixou de adicionar para a fábrica 223 componentes novos que representam 25% dos itens deste projeto. Apenas 27 componentes não foram alterados.

4.6 Verificar

A verificação destas propostas aconteceu no evento de Piloto da máquina. Os chicotes foram produzidos conforme as propostas aprovadas pelo cliente e as máquinas foram à campo para serem testadas.

Alguns problemas de desenvolvimento aconteceram durante os testes, porém, nenhum deles está relacionado diretamente com as propostas. Foram itens de desenvolvimento do cliente.

Acontecerá uma nova fase de piloto para validar novamente os desenhos do cliente e posteriormente os chicotes entrarem em produção normal. Posteriormente serão monitorados diariamente para garantir que os itens propostos neste projeto não tragam futuros problemas nem para a linha de produção, muito menos para o produto.

5 Conclusão

A quantidade de componentes (por part number) para este novo projeto antes da implementação deste trabalho era de 885 diferentes itens, destes, 250 eram itens novos para a fábrica sendo que 223 foram substituídos.

Com base nas propostas feitas ao cliente e aceitas por ele, pôde-se chegar a algumas conclusões:

- As datas de entrega de chicotes de protótipos foram cumpridas no prazo estipulado – Outubro/2017;
- O risco de problemas devido ao alto lead time para entrega dos componentes (mais de três meses) foi eliminado por consequência da remoção dos mesmos;
- O desenvolvimento de novos ferramentais foi evitado, pois a substituição fez com que fossem utilizados itens correntes na fábrica;
- As locações para armazenamento dos 223 itens novos foram evitadas devido ao projeto implementado;
- Processo de homologação de novos fornecedores foi poupado devido à troca dos componentes;
- Dos 27 itens que não foi possível a redução, estes são de fornecedores locais não afetando o cronograma do projeto;

Considerando os dados apresentados acima, conclui-se que o projeto teve uma redução na variação do número de componentes de 25,2%.

6. Referências

AGUIAR, S. **Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma**. INDG, 2006.

BEZERRA, F. **Diagrama de Ishikawa – Causa e Efeito**. Portal Administração – Tudo sobre Administração. 2014. Disponível em <http://www.portal-administracao.com/2014/08/diagrama-de-ishikawa-causa-e-efeito.html>. Acessado em 01/09/2017

BEZERRA, F. **Diagrama de Pareto – Guia Geral (passo a passo)**. Portal Administração – Tudo sobre Administração. 2014. <http://www.portal-administracao.com/2014/04/diagrama-de-pareto-passo-a-passo.html>. Acessado em 01/09/2017

BRAZ, M. A. “**Tópicos especiais em controle de qualidade. Design for six sigma: metodologia**”. São Caetano do Sul, 2002a.

CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Rio de Janeiro. Bloch. 6ª ed. 1995

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. Belo Horizonte: INDG TecS, 2004.

CAMPANELLA, J. **Principles of Quality Costs: principles, implementation and use**. 3. ed. Milwaukee: ASQ Quality Press, 1999.

CARVALHO, M. M. **Seleção de Projetos Seis Sigma**. São Paulo: Atlas, 2002.

CARVALHO, M.M. & ROTONDARO, R. G. **Modelo seis sigma**. Cap.4. CARVALHO, M. M. & PALADINI. E. P. (Coords.). **Gestão da Qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Campus, 2006. p. 125-152.

CARVALHO, M.M; HO, L.H; PINTO, S.H.B. **Implementação e difusão do programa Seis Sigma no Brasil**. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

DEFEO, J. A. **Six Sigma: New opportunities for HR, new career growth for employees**. *Employment Relations Today*, v. 27(2), p. 1-6, 2000.

DILK, L. **Histograma: ferramentas de qualidade**. Artigo do blog Qcmaisqualidade, 2015; Disponível em <http://qcmaisqualidade.blogspot.com.br/2015/08/histograma-ferramentas-da-qualidade.html>. Acesso 15 de janeiro de 2018.

DILK, L. **Gráfico de Dispersão: ferramentas de qualidade**. Artigo do blog Qcmaisqualidade, 2015; Disponível em <http://qcmaisqualidade.blogspot.com.br/2015/08/diagrama-de-dispersao-ferramentas-da.html>. Acesso 15 de janeiro de 2018.

DILK, L. **Cartas de Controle: ferramentas de qualidade**. Artigo do blog Qcmaisqualidade, 2015; Disponível em <http://qcmaisqualidade.blogspot.com.br/2015/08/cartas-de-controle-ferramentas-da.html>. Acesso 15 de janeiro de 2018.

FEIGENBAUM, A. V. **Controle da qualidade total: gestão e sistemas**. São Paulo: Makron Books, 1994. v. 1

FERNANDES, W. A. **O movimento da qualidade no Brasil**. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO, 2011. Acesso em: 05 de janeiro 2018.

FERRARI, G. **Histórico Ford T**. Artigo Blog Automóvel Brasileiro, 2011. Disponível em <http://automovelbrasileiro.blogspot.com.br/2011/10/ford-t.html>. Acesso em 10 de novembro de 2017.

FIORAVANTI, A. **APLICAÇÃO DA METODOLOGIA “DESIGN FOR SIX SIGMA” (DFSS) EM PROJETOS AUTOMOTIVOS**. Dissertação (Mestrado – Engenharia Automotiva) – Escola Politécnica Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

Disponível em <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp056942.pdf>. Acesso em 20/12/2017

FUNG, P. T. **Design for six sigma**. Hong Kong, 2015. Disponível em <http://www.hksq.org/DFSS-STP-150124-Peter.pdf>. Acesso em 15/12/2017

GARVIN, D. A. **Competing on the eight dimensions of quality**. Harvard Business Review. New York, v. 65, n.6, p.101-109, 1987.

JURAN, J. M. **Quality Control Handbook**. McGraw-Hill, 2. ed., 1962.

JURAN, J. M. **Juran na liderança pela qualidade**. São Paulo: Editora Pioneira: 1990.

KUTNEY, P. **Muitos cabos vão conduzir a eletrificação do automóvel**. Artigo do blog Automotive Business, 2012. Disponível em <http://www.automotivebusiness.com.br/noticia/14592/muitos-cabos-va-conduzir-a-eletrificacao-do-automovel>. Acesso em 20 de janeiro de 2018.

LINS, B. F. **Ferramentas Básicas da Qualidade**. São Paulo, 1993. Disponível em: <http://revista.ibict.br/ciinf/index.php/ciinf/article/view/1190/833>. Acesso em 11/11/2017.

LLORÉNS-MONTES, J. F.; MOLINA, L. M. **Six Sigma and management theory: processes, content and effectiveness**. *Total Quality Management*, n. 4 (17), p. 485-506, 2006.

MADER, D. P. "Design for six sigma". **Frontiers of quality**, p. 82-86, July 2002

MARSHALL JUNIOR, Isnard et al. **Gestão da Qualidade**. Rio de Janeiro. FGV, 2006.

MATA-LIMA, H. **Aplicação de Ferramentas da Gestão da Qualidade e Ambiente na Resolução de Problemas. Apontamentos da Disciplina de Sustentabilidade e Impactes Ambientais.** Universidade da Madeira (Portugal), 2007.

MIGUEL, P. A .C. **Qualidade: enfoques e ferramentas.** São Paulo: Artliber, 2006a. 263p

PALADINI, E. P. **Gestão Estratégica da Qualidade: princípios, métodos e processos.** São Paulo: Atlas, 2008.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

PANDE, P S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **Estratégia Seis Sigma. Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

REYNOL, F. **Indústria automobilística.** Unicid. São Paulo, 2015. Disponível em <https://pt.slideshare.net/Lemos2502/industria-automobilistica-32721591>. Acesso em 20 de janeiro de 2018

RODRIGUES, M. V. C. **Entendo, aprendendo, desenvolvendo qualidade padrão seis sigma.** Rio de Janeiro, Qualitymark, 2006.

ROTONDARO, R. **Seis Sigma: estratégia gerencial para melhoria de processos, produtos e serviços.** 1. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SANTOS, A. M. M. S.; Pinhão, C. M. A. **Pólos automotivos brasileiros.** Biblioteca digital BNDES. Rio de Janeiro, 1999.

SCOOTER, P. M. **Wire harness.** Disponível em <http://scooterparts.net>. Acesso em 21 de janeiro de 2018.

SLACK, Nigel et al. **Administração da Produção.** São Paulo. Atlas, 1999.

TREICHLER, D., CARMICHAEL, R., KUSMANOFF, A., LEWIS J., BERTHIEZ G. **“Design for six sigma: 15 lessons learned”**. Quality Progress, p.33-42, January 2002.

VIEIRA, S. **Estatística para a Qualidade: Como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços**. Rio de Janeiro: Elseiver, 1999.

WERKEMA, M. C. C. **Criando a cultura do seis sigma**. Qualitymark Ed., Rio de Janeiro, 2002,

AUTORIZAÇÃO PARA REPRODUÇÃO

Autorizo cópia total ou parcial desta obra, apenas para fins de estudo e pesquisa, sendo expressamente vetado qualquer tipo de reprodução para fins comerciais sem prévia autorização específica do autor.

Taubaté, 13 de Fevereiro de 2018.