

## A IMPORTÂNCIA DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA PARA AUMENTO DA CAPACIDADE DE PROCESSO

Robson Simioni (Universidade de Araraquara) [robson.simioni@zf.com](mailto:robson.simioni@zf.com)

### Resumo:

Este artigo demonstra como a metodologia e o conceito Seis Sigma pode ser aplicado na área de manufatura de uma indústria automotiva. O Seis Sigma é uma metodologia que utiliza um conjunto de ferramentas da qualidade automotiva e ferramentas de estatística seguindo uma sequência cronológica pré-definida nos moldes de projeto – conhecida como DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve e Control). É uma sistemática voltada para solução de problemas recorrentes e com causa não conhecida, utiliza-se há estatística para validação das causas, ações e melhorias implementadas. O que será apresentado no decorrer do trabalho será a aplicação na prática do conceito Seis Sigma na melhoria da capacidade do processo para uma determinada característica de um produto, visando à redução de desperdícios, melhora da qualidade e, conseqüentemente, aumento da competitividade da empresa no mercado. O produto estudado é a embreagem para veículos leves, os dados de especificação de desenho, aplicação no veículo e nome da empresa não serão informados a pedido da própria empresa que possui regras rígidas de compliance. O resultado encontrado pela aplicação desta metodologia foi um aumento considerável nos índices capacidade de processo avaliados pelos resultados de pp e ppk da característica estudada. Para as validações estatísticas utilizou-se o software Minitab versão 17.

**Palavras-chave:** Seis Sigma. Estatística. Capacidade. Melhoria.

## THE SIX SIGMA METHODOLOGY IMPORTANCE FOR CAPACITY PROCESS INCREASE

### Abstract

This article demonstrates like the methodology and the concept Six Sigma can be applied in the automobile industry process area. The Six Sigma methodology use a quality automobile and statistics tools following a chronological sequence according to project molds - known as DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve and Control*). It is a systematics aimed at solving recurrent problems and with unknown cause, use is made of statistics for actions and improvements implemented validations. What will be presented in this article will be the application in practice of the concept Six Sigma in the improvement capacity process for a product characteristic, aiming the wastes reduction, improvement of the quality and, consequently, company competitiveness in the market increase. The studied product is the clutch for light vehicles, the data, drawing number; vehicle and company name they will not be informed due to rigid rules of compliance used to at company. The result found after apply this methodology was a considerable increase in the rates process capacity valued by the results of pp and ppk of the studied characteristic. For the statistical validations was used the Software Minitab 17.

**Key-words:** Six Sigma. Statistic. Capacity. Improvement

## 1. Introdução

A competitividade que está presente no mundo atual dos negócios leva as indústrias de diversos setores a buscarem as mais diferentes e criativas soluções para aumentarem o seu diferencial perante o mercado. Surgiram muitos conceitos e métodos para solução de problemas e redução de desperdício. O que começou como um conjunto de ferramentas da qualidade evoluiu para uma poderosa caixa de ferramentas chamada de Seis Sigma. O nome Seis Sigma está totalmente ligado a redução de variação que é a principal causa dos desperdícios e problemas que as empresas enfrentam e muitas vezes estão ocultas. As ferramentas dentro do Seis Sigma podem ser aplicadas para os mais diferentes tipos de problemas, desde aqueles aparentemente mais simples e que podem facilmente ser medidos até aqueles que nos levam a trabalhosas análises gráficas e desenvolvimento de experimentos, um trabalho totalmente ligado a pesquisa, porém aplicado na prática.

O grande desafio que as empresas enfrentam é o de transformar questões reais e problemas que incomodam no dia a dia em números, que posteriormente serão levados ao campo estatístico, e analisados, decifrados, solucionados e em seguida trazidos para o mundo real em forma de ações de melhoria, correção, prevenção e controle.

A estatística nem sempre é entendida pelos Engenheiros e Administradores que estão no mercado, muitas vezes em posições de liderança. Normalmente o entendimento de estatística fica limitado a controles produtivos diários ou simples gráficos para comparação de resultados contra metas propostas. Isso muitas vezes cria uma dificuldade para as empresas em solucionar questões que aparentemente são do dia a dia, ou variações declaradas por muitos como “inerentes ao processo” e que demandam investimento. O Seis Sigma trabalha nesse campo para mostrar que a estatística e a pesquisa, de forma aplicada e prática, trazem um resultado extremamente positivo para a empresa, que pode ser decisivo para se manter competitiva no mercado e que valoriza o diferencial do profissional especializado nessa metodologia.

A empresa onde será aplicado o projeto seis sigma, atua no ramo de embreagens para veículos leves, possui 2 unidades no Brasil. Por pedido da companhia não serão informados os dados de produto como especificações de desenho e nome da empresa.

O produto embreagem possui três principais funções, a primeira delas é a capacidade de transmitir e interromper torque do motor para transmissão fazendo com o que o veículo se movimente ou não. Possui também a função de tornar o ato de acoplar e desacoplar a embreagem (acionamento do pedal de embreagem) mais confortável para os usuários dos veículos e por fim tem a função de atenuar ruídos do sistema motor/transmissão que resumidamente ocorre pelo atrito dos componentes internos da embreagem. O Atrito é justamente a característica que foi alvo do projeto seis sigma.

Aplicar a ferramenta DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve e Control*), dentro do projeto aumentando a capacidade do processo de embreagem para característica de momento atrito para amortecimento principal, partindo de um baseline de 100% para 450%.

A pesquisa é classificada como explicativa dissertativa com sequência experimental para validação das causas identificadas e das ações propostas.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1 O Seis Sigma e o DMAIC

Na metade da década de 70 ocorreu uma crise dos combustíveis que acabou por ser um precursor de algumas mudanças de conceito. A crise se deu devido aos americanos necessitarem cada vez mais de veículos, O consumo de automóveis aumentou e consequentemente o de combustíveis, porém os veículos norte americanos vorazes no consumo de combustível foram perdendo espaço para os veículos importados, naquela ocasião os japoneses, que eram muito mais econômicos em relação ao norte americano. Com o aumento da utilização dos veículos japoneses, percebeu-se que não apenas eram mais econômicos como também eram mais duráveis e confiáveis. Com isso observou-se que houve realmente uma mudança de percepção da qualidade dos produtos e serviços norte-americanos e japoneses (ECKES, 2001).

Devido a crise de qualidade dos produtos americanos. Diversas empresas americanas foram até o Japão para analisar seus processos e métodos que levavam a uma produtividade tão elevada e de qualidade. Notaram diferenças nas práticas de inspeção que as empresas americanas tinham como prática para a qualidade dos produtos fabricados que eram realizadas somente ao final do processo de produção, já as empresas nipônicas possuíam abordagens e atitudes diferentes em relação à qualidade, visando aprimorar os processos de fabricação continuamente.

Durante toda a década de 80 houve muitas tentativas de mudança no conceito de qualidade nos EUA e apesar dos esforços bem intencionados, nada foi sustentável o suficiente para se manter e dar resultados palpáveis. Os conceitos ensinados por W. Edwards Deming aos japoneses e ferramentas como o Controle Estatístico do Processo, eram cada vez mais usados e até divulgados pela mídia nacional, porém ainda sem grandes resultados.

Durante estudos sobre o conceito de variação de processo de Deming, o engenheiro e estatístico Mikel Harry da empresa Motorola, percebeu que as variações dos processos, obviamente quando medidas estatisticamente, significavam o desvio-padrão da média, e representadas pela letra grega sigma, e já com o apoio do presidente da empresa Bob Galvin, definiram uma meta de Seis Sigma em todas suas ações, o que representa “3,4 defeitos (algo que não atende à expectativa do cliente) por milhões de oportunidades – praticamente, a perfeição” segundo Eckes (2001 p.20).

Pouco tempo depois outras empresas começaram a adotar esse conceito Seis Sigma e obtiveram resultados notáveis, e se destacou a empresa General Electric com resultados impressionantes e que segundo Eckes (2001 p.21) “está ajudando a empresa a conquistar uma posição como uma das corporações mais bem-sucedidas da história”.

Focado no uso de técnicas estatísticas e com uma abordagem rigorosa, o seis sigma visa entender as falhas no desempenho da produção para transformá-las em melhorias, aperfeiçoando assim esses processos falhos. A maior meta do seis sigma é atingir uma performance de classe mundial com foco nas necessidades dos clientes e na eliminação das falhas (ECKES, 2001).

Não só para melhoras de desempenho fabril ou para a satisfação do cliente em receber menos peças defeituosas serve o seis sigma, segundo Coronado e Antony (2001), em termos de negocio serve como uma estratégia de melhoria, pois com as reduções de desperdícios e diminuição dos custos de qualidade se consegue aumentar as margens de lucro da empresa.

A análise da variação dos processos e a meta de seis sigma não foram as únicas que permitiram realmente a redução da variação, melhoria dos processos e altos lucro, isso tudo se derivou da metodologia do processo de melhoria, denominado, DMAIC (sigla do inglês *Define, Measure, Analyze, Improve e Control*) . Assim começou a ser usado o conceito Seis

Sigma, que em poucos anos se disseminou por todo o mundo devido tantos casos de sucesso da aplicação da metodologia. (SANTOS; MARTINS, 2003)

Para Sheehy et al. (2002) cada projeto seis sigma deve completar as cinco fases em ordem cronológica, definindo-as da seguinte maneira:

**Definir:** nessa fase as necessidades do cliente são apresentadas e os processos e produtos a serem melhorados são identificados. Cria-se uma declaração do problema, definindo o processo a ser melhorado, definindo os objetivos do projeto, identificando os stakeholders (partes interessadas), identificando as necessidades dos clientes e definindo os padrões de performance.

**Medir:** na segunda fase se determina o ponto de partida, também chamado de baseline do projeto, a meta de desempenho do processo, define se as variáveis de entrada e saída do processo e valida os sistemas de medição. É realizado o entendimento do processo, validado o sistema de medição, determinado a capacidade do processo e finalizado os objetivos de performance.

**Analisar:** durante a fase de análise usam-se os dados para estabelecer as entradas dos processos-chave que afetam as saídas do processo que está sendo analisado. Neste momento são identificadas as fontes de variação através de um mapa detalhado do processo, brainstorming, diagrama de espinha de peixe, matriz de causa e efeito, FMEA, CEP e MSA, além das causas potenciais por meio de análises gráficas, testes de hipóteses, análise multivari e análise de correlação e regressão.

**Melhorar:** durante esta quarta fase é identificadas as melhorias para otimizar os resultados e eliminar ou reduzir os defeitos e as variações. É identificado o  $x$  e se determina a  $y=f(x)$  relacionando e validando estatisticamente as condições de operação do novo processo. É determinada a relação da variação da  $y=f(x)$  através dos métodos de experimentos planejados.

**Controlar:** a última fase é documentada, monitorada e as responsabilidades são atribuídas a fim de sustentar os ganhos obtidos com as melhorias no processo. São redefinidas as capacidades do processo com a análise de capacidade e plano de controle CEP (*Controle estatístico de processo*), é realizado o controle do processo de melhoria e é completada a documentação do projeto com a validação financeira, identificação de oportunidades de replicação dos resultados do projeto em outros processos, é realizado o acompanhamento da conclusão do projeto e uma reunião com o time, os stakeholders e clientes.

Estatisticamente falando, de acordo com Behara et al. (1995), seis sigma ( $6\sigma$ ) expressa a ocorrência de 6 desvios-padrão entre a média e os limites de especificação inferior (LIE) e superior (LSE). Um processo de nível seis sigma é quando podem ser encontrados entre a média de uma distribuição e os limites estabelecidos pelo cliente (limites de especificação) seis desvios-padrão, neste caso o processo apresentará somente 3,4 defeitos em um milhão de oportunidades.

A capacidade de um processo refere-se à capacidade que esse processo tem para fazer constantemente um produto que atenda as especificações do cliente. Os índices de capacidade do processo medem o quanto a variação natural de um processo está em relação aos seus limites de especificação, e são construídos com o objetivo de expressar a capacidade mais desejada, com valores cada vez mais elevados, pois valores próximos ou abaixo de zero indicam processos operando fora do alvo ou com alta variação (SHEEHY et al., 2002).

A capacidade do processo é vista através do  $C_p$ ,  $C_{pk}$ ,  $P_p$  e  $P_{pk}$ . O  $C_p$  e  $C_{pk}$  são indicadores de curto prazo, dados pelo desvio padrão o combinado, já o  $P_p$  e  $P_{pk}$  são índices de longo

prazo, dados pelo desvio padrão a longo prazo, tanto  $C_p$  e  $P_p$ , e  $C_{pk}$  e  $P_{pk}$  são calculados da mesma maneira, tendo somente a extensão de curto ou longo prazo os diferindo.

De maneira interpretativa, quanto menor o índice P-valor, mais evidente é a mudança de um patamar ou condição.

### 3. Metodologia Da Pesquisa

#### 3.1 Características metodológicas

Este artigo foi estruturado de maneira há descrever o projeto realizado e seus respectivos resultados, todas as análises de dados quantitativos possuem embasamento estatístico no que tange o tamanho das amostras. Todos os dados foram coletados e validados através de experimentos descritos no item resultados deste artigo, os dados foram coletados diretamente nas linhas de processo utilizando folha de coleta de dados. Os tamanhos de amostra seguiram calculo representativo para confiança estatística de 95% com erro de 5% . Considera-se população infinita >10000 itens.

#### 3.2 Procedimentos operacionais

Este projeto seguiu a metodologia DMAIC, realizado por um período de 4 meses com acompanhamento pós projeto de 12 meses para validação das melhorias implementadas conform figura1.

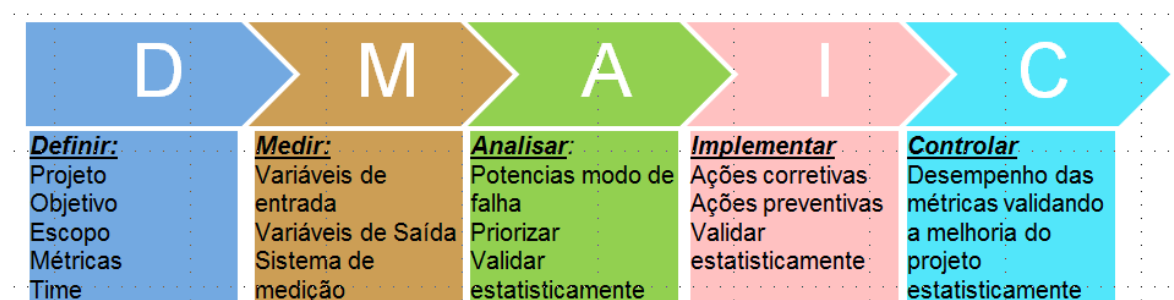


Figura 1 – Fluxo de fases do projeto  
Fonte: Equipe de Gren Belt da empresa

### 4. Análise dos Dados e Resultados

#### 4.1 Descrição do projeto

A empresa estudada utilizou uma consultoria externa como apoio durante todo o projeto, a consultoria avaliou o projeto fase a fase, deixando anotações em forma de ata de reunião que permanecem como pendência até a realização da próxima avaliação. A seguir apresentam-se os termos de definição do projeto.

O projeto possui estrutura previamente definida e segue a definição de termos de acordo com os tópicos:

- Nome do Projeto: Aumentar a capacidade do processo de embreagem para característica de atrito
- Champion – Gestor responsável por “patrocinar internamente o projeto desatando nós sempre que necessário: Gerente de Engenharia”

- Período do Dmaic – Duração máxima do projeto: 4 meses
- Justificativa – Motivo pelo qual se gerou a necessidade do projeto : Devido inexistência de dados anteriores foi realizada coleta de dados onde demonstrou que a capacidade do processo de embreagem, para característica de momento de atrito do amortecimento principal, nos discos fornecidos ao mercado de montadora, não é satisfatória (cpk's negativos):
- CPK condição de tração 1ºestágio medido a (-9°) = -1,70
- CPK condição de retração 1ºestágio medido a (+5°) = - 0,92
- CPK condição de retração 2ºestágio medido a (+11°) = -1,66

Bem como, diferente do processo atual, para novos projetos há uma exigência mínima de Cpk de 1,33, podendo ser estendida para os produtos atuais e próximos projetos de outros clientes.

- Escopo do projeto – Definição de início de fim do projeto: Trata-se do estudo do processo de manufatura de discos de embreagem, abrange desde o esclarecimento das necessidades do cliente, contemplando o processo produtivo entre o recebimento dos componentes, até a montagem do conjunto e medição do momento de atrito do amortecimento principal.
- Métrica de processo – Métrica utilizada para acompanhamento e validação projeto no período de DMAIC e pós DMAIC: Capacidade do processo de embreagem para característica de momento atrito para amortecimento principal (Base 100):
- CPK condição de tração 1ºestágio medido a (-9°)
- CPK condição de retração 1ºestágio medido a (+5°)
- CPK condição de retração 2ºestágio medido a (+11°).

#### 4.2 Fase Definir

Nesta fase foi realizada a definição do projeto, e a escolha de qual produto seria destinado. Para fechamento do escopo iniciou-se compreendendo a situação atual. Em seguida com auxílio da ferramenta de gestão de projetos "Canvas" foram definidos e detalhados cada ponto do projeto. Abaixo segue a definição o resultado do canvas conforme figura 2.

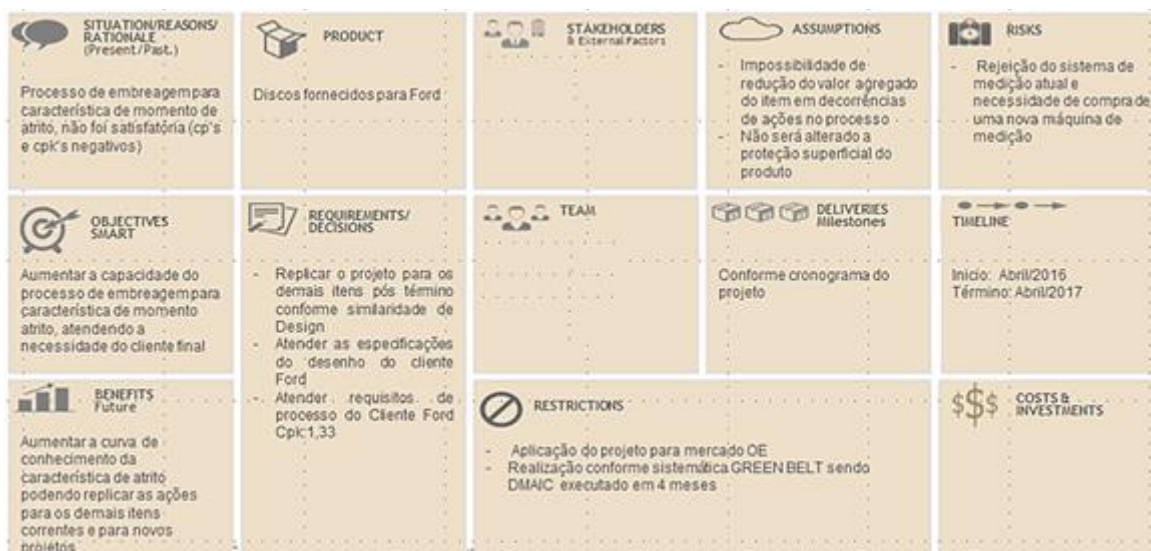


Figura 2 – Canvas do projeto  
 Font: Equipede Green Belt da empresa

E finalmente através da matriz de decisão optou-se pelo produto A em amarelo para realização do projeto conforme figura 3.

|            |                |          | Volume de produção                          |   |   |   |    |
|------------|----------------|----------|---------------------------------------------|---|---|---|----|
|            |                |          | Range de Tolerância Amortecimento Torcional |   |   |   |    |
|            |                |          | Complexidade da característica de atrito    |   |   |   |    |
|            |                |          | Tempo de execução do projeto                |   |   |   |    |
|            |                |          | Total                                       |   |   |   |    |
|            |                |          | Peso                                        | 4 | 3 | 3 | 5  |
| Cliente    | Aplicação      | Mercado  | Número do Item                              |   |   |   |    |
| Motadora F | Veículo Leve K | Nacional | Produto A                                   | 5 | 5 | 3 | 5  |
| Motadora F | Veículo Leve K | Nacional | Produto B                                   | 4 | 4 | 5 | 2  |
|            |                |          |                                             |   |   |   | 53 |

|   |              |         |                |           |
|---|--------------|---------|----------------|-----------|
| 1 | Menor Volume | Aberto  | Menos complexo | > 4 Meses |
| 5 | Maior Volume | Fechado | Mais complexo  | < 4 Meses |

Figura 3 – Matriz de decisão  
 Fonte: Equipe de Gren Belt da empresa

### 4.3 Fase Medir

Nesta o objetivo principal foi a compreensão de todas as variáveis de entrada e de saída do projeto, com objetivo de medir a situação atual de cada uma delas e o impacto na métrica de processo. A ferramenta utilizada para este fim é o SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output e Customer*) e o resultado segue na figura 4.

| Responsáveis pelas entradas dentro e fora da empresa | Podem ser pessoas, materiais, medições, equipamentos, regras, procedimentos, métodos, meio-ambiente, informações, documentos, sistemas, capacitação (o que precisa para o processo funcionar) | Descrição sucinta do processo abordado | Podem ser pessoas, materiais, medições, equipamentos, regras, procedimentos, métodos, meio-ambiente, informações, documentos, sistemas, capacitação | Afetado pelas saídas dentro e fora da empresa                                |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Fornecedor (demanda)                                 | Entrada                                                                                                                                                                                       | Processo                               | Saída                                                                                                                                               | Cliente                                                                      |
| Fornecedor de Estampados                             | Mola Prato                                                                                                                                                                                    | Montagem do disco de embreagem         | - Atrito OK<br>- Atrito NOK<br>- Documentações Preenchidas (CF, registro de calibração)                                                             | - Devolução em Garantia<br>- Reprovação do veículo por ruído em marcha lenta |
| Fornecedor de Anel de Atrito                         | Anel de Atrito                                                                                                                                                                                |                                        |                                                                                                                                                     |                                                                              |
| Fornecedor de Mola Prato                             | Disco de Retenção                                                                                                                                                                             |                                        |                                                                                                                                                     |                                                                              |
| Fornecedor de Rebites                                | Disco de Torção                                                                                                                                                                               |                                        |                                                                                                                                                     |                                                                              |
| Ferramentaria                                        | Flange                                                                                                                                                                                        |                                        |                                                                                                                                                     |                                                                              |
| Processo                                             | Pino Distanciador                                                                                                                                                                             |                                        |                                                                                                                                                     |                                                                              |
| Qualidade                                            | Disco de torção do pré amortecimento                                                                                                                                                          |                                        |                                                                                                                                                     |                                                                              |
|                                                      | Operador                                                                                                                                                                                      |                                        |                                                                                                                                                     |                                                                              |
|                                                      | Rebitagem                                                                                                                                                                                     |                                        |                                                                                                                                                     |                                                                              |
|                                                      | Máquina de medição KME                                                                                                                                                                        |                                        |                                                                                                                                                     |                                                                              |
|                                                      | Instruções de trabalho                                                                                                                                                                        |                                        |                                                                                                                                                     |                                                                              |
|                                                      | Dispositivo de medição                                                                                                                                                                        |                                        |                                                                                                                                                     |                                                                              |

Figura 4 – Sipoc do projeto  
 Fonte: Equipe Gren Belt da empresa

Foram avaliados no detalhe cada item da tabela, transformando cada um deles em uma característica mensurável o que resultou na tabela a seguir.

Em seguida validou-se o sistema de medição das métricas do projeto, este passo é de suma importância para validar se os pontos que avaliarão o andamento do projeto são confiáveis e repetitivos.

Após avaliação de 29 variáveis identificadas foram definidas as variáveis a serem estudadas na próxima fase que afetam a métrica de processo:

- Força de rebitagem
- Influência do óleo no momento de atrito
- Influência do tempo de estabilização no momento de atrito

#### 4.4 Fase Análise

Na fase de análise, focou-se nas potenciais causas não invalidas na fase de definição, sendo elas:

- Óleo nos componentes
- Força de Fechamento ou força de rebitagem

##### 4.4.1 Análise de óleos nos componentes

Na engenharia é conhecido que a presença de óleo na superfície reduz a capacidade de atrito entre dois corpos, notou-se que os componentes internos da embreagem necessitam de óleo para prevenção quanto a oxidação, sendo assim, realizou-se um estudo em bancada simulando a vida útil da embreagem, e a cada intervalo de tempo pré-definido o atrito do disco era medido resultado no gráfico da figura 5.

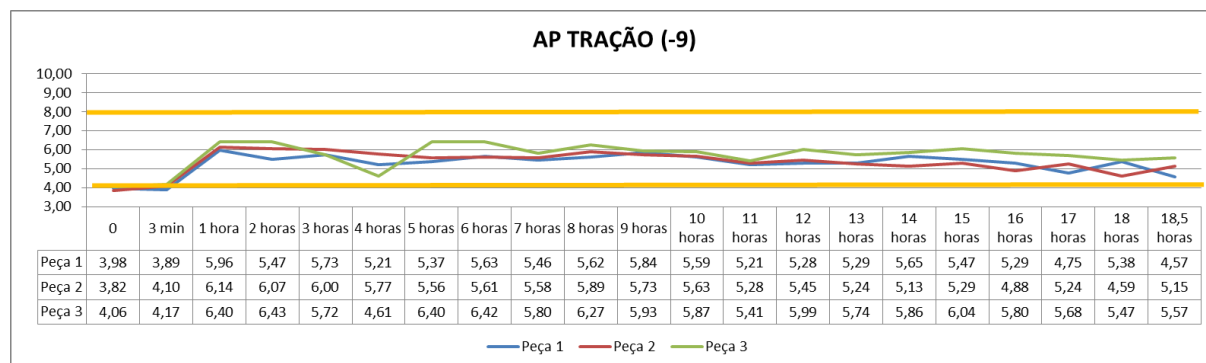


Figura 5 – Tempo de estabilização do atrito

Fonte: Equipe de Gren Belt da empresa

Foi possível notar que apesar de as 3 amostras iniciarem abaixo do especificado (devido à existência do óleo) após um período ocorria a estabilização do atrito, aproximadamente 1 hora de trabalho em bancada, equivalente a 15 min no veículo. Permanecendo dentro da faixa de especificação até completar o fim do teste de bancada estatisticamente comprovado pela análise de ANOVA.

Realizou-se um novo estudo com medição a cada 5 min para compreender o momento correto de estabilização, os dados seguem conforme figura 6.

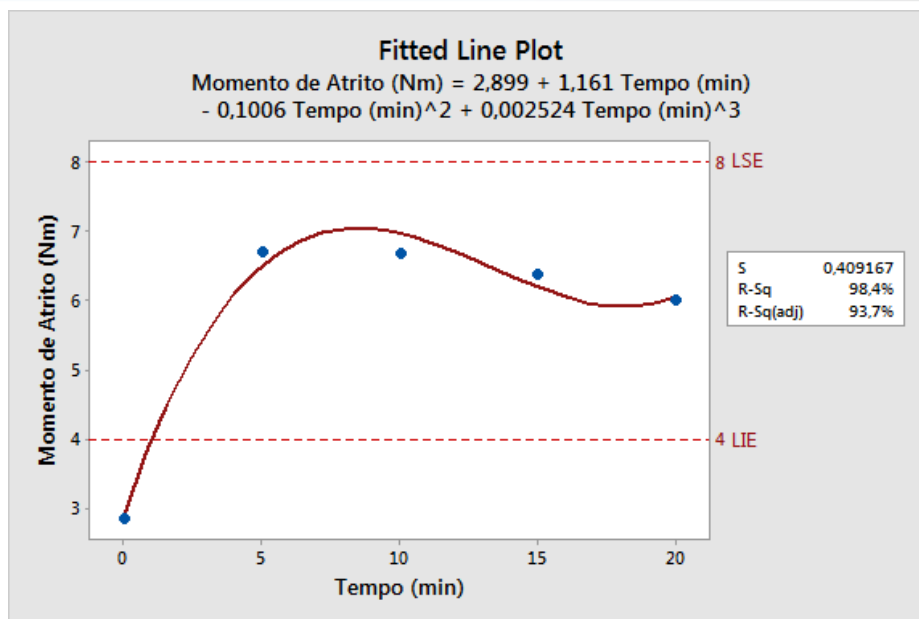


Figura 6 – Tempo de estabilização do atrito detalhamento  
Fonte: Equipe de Gren Belt da empresa

Os resultados demonstraram que a partir de 15 min o comportamento do atrito tende a estabilidade, neste estudo (Análise de Regressão) é possível determinar qual seria a dimensão para medição do atrito sem estabilizar conforme figura 7.

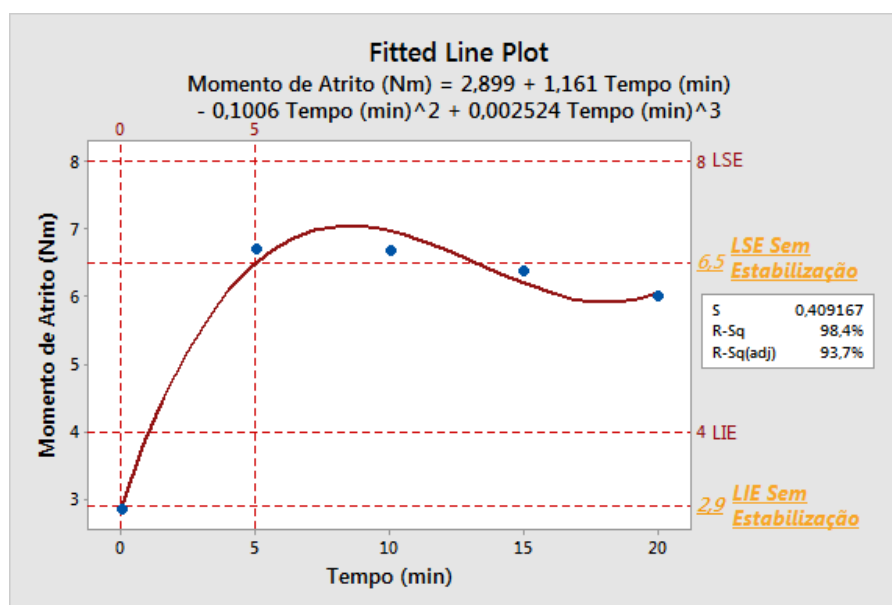


Figura 7 – Análise de regressão do tempo de estabilização  
Fonte: Equipe de Gren Belt da empresa

Portanto na análise desta potencial causa, conclui-se que as dimensões de momento de atrito contidas em desenho referem-se ao conjunto pós-estabilização, e que o óleo apenas interfere na medição instantânea pós-montagem do conjunto, após aproximadamente 15min do primeiro funcionamento no veículo o óleo de liquefaz, evapora permitindo comportamento estável do atrito durante toda a vida do produto.

Como ação para esta causa optou-se por:

1. Implementar tempo de estabilização para medição conforme desenho
2. Definir dimensão para medição do momento de atrito sem estabilização.

#### 4.4.2 Força de fechamento ou força de rebitagem

O conjunto embreagem é fechado através da rebitagem do pacote conforme descritivo na figura 8.

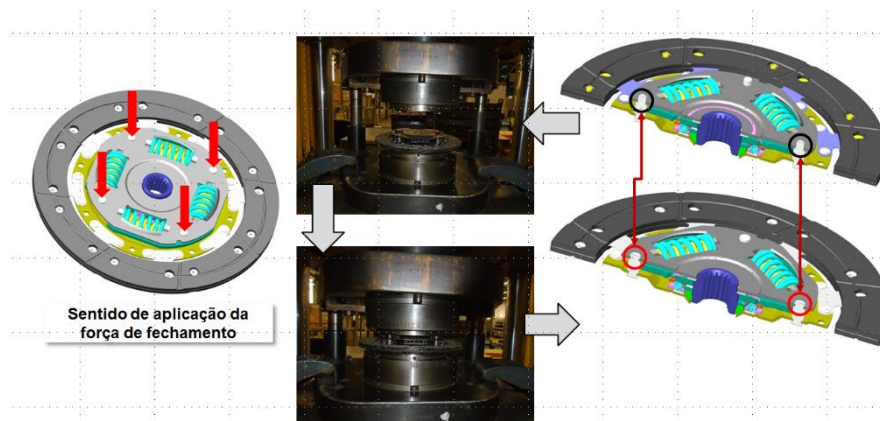


Figura 8 – Descritivo processo de rebitagem  
Fonte: Equipe de Gren Belt da empresa

Controla-se a deformação dos rebites pós-prensagem, esta deformação possui dimensão padrão entre 25% - 30% do diâmetro inicial e este toleranciamento é aplicado em 100% das embreagens sem análise da necessidade especial em algum caso quando necessário

Visando compreender o quanto esta deformação influencia no atrito realizou-se um estudo estatístico variando a deformação do pino entre 20% e 40% .

Através do estudo de regressão notou-se que o deformação de 30% (pino 7,00) possui a menor dispersão e que 35% (pino 7,3) possuem dados mais próximos a média. Portanto a variação da força de fechamento do conjunto causa variação do momento de atrito já que a tolerância de rebitagem é padrão para todos os produtos. A ação proposta para esta causa foi:

1. Definir nova tolerância de processo para a deformação (30% – 35%) dos pinos distanciadores pós rebitagem

#### 4.5 Fase Implementar

As ações sugeridas foram implementadas, foram testadas as soluções avaliando o momento de atrito antes e depois de cada ação sendo pré-estabilização e pós-estabilização.

Pós-implementação do tempo de estabilização para medição do atrito.

Conclusão: Melhoria de 200% nos índices de capacidade

E pós-implementação da nova tolerância de deformação dos rebites conforme figura 9.

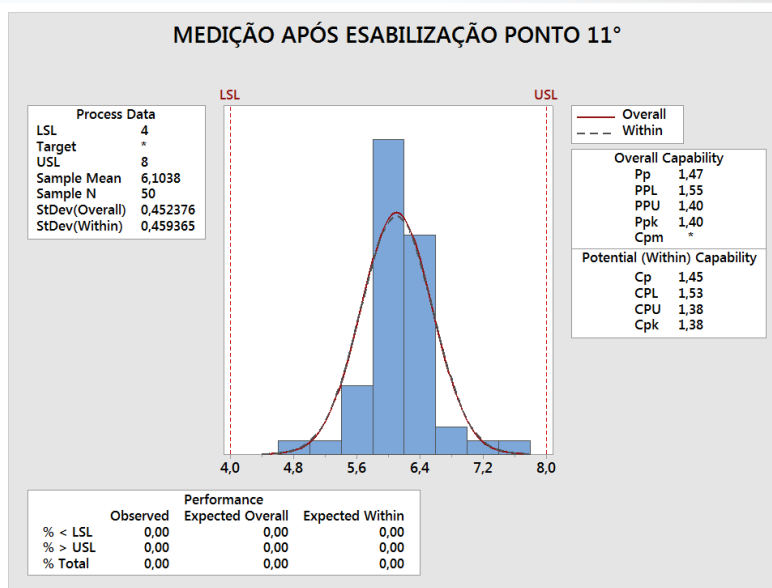


Figura 9 – Resultado do atrito pós-estabilização e com a modificação da tolerância de rebatagem  
Fonte: Equipe de Gren Belt da empresa

Conclusão melhoria de 150% nos índices de capacidade.

#### 4.6 Fase Controlar

Pós-implementação das ações, se deu início a fase de controle, os índices de capacidade foram acompanhados por um período de 12 meses pós-termino do DMAIC, sendo realizada a coleta de 396 por mês gerando 95% confiabilidade e erro de 5%.

O acompanhamento do pós DMAIC evidenciou melhora estatística da métrica de processo além de atingir a meta definida em 350% conforme figura 10.

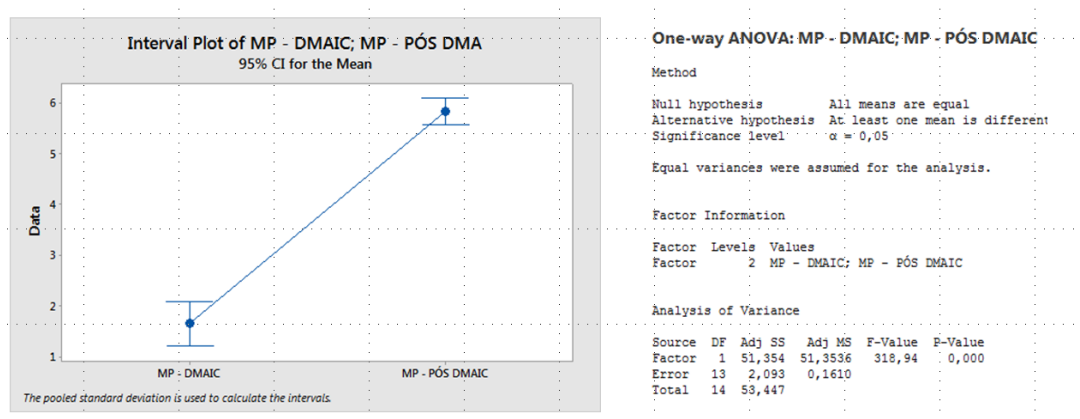


Figura 10 – Validação estatística da melhoria na métrica de processo  
Fonte: Equipe de Gren Belt da empresa

## 5. CONCLUSÕES

A proposta de aplicação da metodologia Seis Sigma foi a de resolver um problema cuja solução não era conhecida, validando de forma estatística. O objetivo principal era aumentar a capacidade do processo de Atrito do Disco de embreagem tendo como meta melhora de 450% com os dados de capacidades, este montados em base 100.

A metodologia aplicada foi o DMAIC, através das ferramentas contidas no que podemos chamar de “book” do projeto Green Belt.

As ações identificadas serão estendidas para os próximos projetos, definindo método padronizado para identificação, medição e avaliação da característica momento de atrito. A quantidade de óleo nos componentes do disco, causa impacto no resultado do momento de atrito porém apenas quando o conjunto disco não esta completamente estabilizado.

A construção da curva de conhecimento gerada por este projeto é de suma importância para a empresa, pois evita custos de refugo, uma vez que, o projeto mostrou a completa conformidade do produto.

## REFERÊNCIAS

ANTONY, J.; CORONADO, R. B. (2001). **A strategy for survival. Manufacturing Engineer**. Dearborn, vol. 80. Nº 3, p. 119-121.

ECKES, G. **A Revolução Seis Sigma**. Rio de Janeiro, Campus, 2001, 4ª Edição.

Manual Meet Minitab, Versão 14 para Windows by Mini tab Inc, 2003, 2004.

MELLO, C. H. P.; SILVA, C. E. S.; TURRIONI, J. B.; SOUZA, L. G. M. **ISO 9001:2008, Sistema de Gestão da Qualidade para Operações de Produção e Serviços**. São Paulo: Atlas, 2009.

RODRIGUES, M. V. **Ações para a qualidade: gestão estratégica e integrada para a melhoria dos processos na busca da qualidade e competitividade**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010.

SANTOS, B. A.; MARTINS, F. M., “A implementação dos projetos seis sigma contribuindo para o direcionamento estratégico e para o aprimoramento do sistema de medição de desempenho”, Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção, n.1, p. 1-14, Dezembro de 2003.

SHEEHY, P.; NAVARRO, D.; SILVERS, R; KEYES, V.; DIXON; DEB & PICARD, D. **The Black Belt Memory Jogger: A Pocket Guide for Six Sigma Success**. Salem-NH-USA: GOAL/QPC, 2002, 1ª Edição.

SHINGO, S. **Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka Yoke System**. 1986.

SILVA, W. L. **Experiência na implantação da rotina de análise de sistemas de medição em uma indústria de autopeças**. 2002. 22f. Artigo (2nd International Conference on Advanced Measurement Techniques and Sensory Systems for Automotive Applications). Ancona, Itália. 2002.

KOSCIANSKI, A.; SOARES, M. S. **Qualidade de Software: Aprenda as metodologias e técnicas mais modernas para o desenvolvimento de software**. Disponível em: <http://www.martinsfontespaulista.com.br/anexos/produtos/capitulos/241804.pdf>. Acesso em 12 de outubro de 2013.

LEÃO, D. **MSA quarta edição: Análise dos Sistemas de Medição**. Disponível em: <http://portalaction.com.br/content/msa-analise-dos-sistema-de-mediacao>. Acesso em 10 de outubro de 2013.