



**CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM MBA EM GESTÃO DA  
MANUTENÇÃO**

**RENILSON RIBEIRO**

**A GESTÃO DA MANUTENÇÃO ASSOCIADA AO MÉTODO SEIS  
SIGMA COMO ESTRATÉGIA PARA A MELHORIA DO  
PROCESSO PRODUTIVO**

**Salvador**

**2018**

**RENILSON RIBEIRO**

**A GESTÃO DA MANUTENÇÃO ASSOCIADA AO MÉTODO SEIS  
SIGMA COMO ESTRATÉGIA PARA A MELHORIA DO PROCESSO  
PRODUTIVO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
ao curso de pós-graduação do MBA em Gestão  
da Manutenção do Centro Universitário SENAI  
CIMATEC como requisito final para obtenção  
do título de especialista.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. M.Sc. Marinilda Lima

**Salvador**

**2018**

## **A GESTÃO DA MANUTENÇÃO ASSOCIADA AO MÉTODO SEIS SIGMA COMO ESTRATÉGIA PARA A MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO.**

Renilson Ribeiro<sup>1</sup>

Marinilda Lima<sup>2</sup>

### **RESUMO**

No atual contexto dos processos industriais com a necessidade de buscar melhores resultados, as empresas tem percebido que a manutenção tem ocupado uma posição estratégica para obtenção dos objetivos organizacionais a partir da redução dos custos operacionais, haja vista que não há mais como simplesmente repassar o preço ao consumidor. Dentro desta nova visão da manutenção como diferencial estratégico da gestão industrial, a utilização de ferramentas comumente empregadas na produção é associada à manutenção com a finalidade de trazer resultados satisfatórios para as empresas. Assim, este artigo analisa a utilização da ferramenta Seis Sigma associada à manutenção na busca de inovações na linha de produção visando obter diferencial competitivo. O artigo mostra o contexto histórico da ferramenta Seis Sigma, as características desta ferramenta bem como, o estudo de caso com a utilização da ferramenta Seis Sigma. Espera-se que o estudo possa mostrar a contribuição da manutenção para alavancar o processo produtivo e reafirmar a sua função estratégica para o sucesso operacional das organizações.

**Palavras-Chave:** Gestão Estratégica da Manutenção, Seis Sigma, Vantagem Competitiva.

---

<sup>1</sup>Pós Graduando do curso MBA de Gestão da Manutenção. Centro Universitário SENAI CIMATEC. E-mail: renilson.ribeiro23@gmail.com.

<sup>2</sup>Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial. Pesquisa e docência - Centro Universitário SENAI CIMATEC. E-mail:marinilda.lima@fiieb.org.br.

## 1 INTRODUÇÃO

A manutenção industrial tem passado por profundas modificações no decorrer dos anos, a mais positiva tem sido fato da incorporação da sua função dentro do cenário administrativo das grandes organizações. A percepção do potencial que a manutenção tem em reduzir os custos ou mesmo os próprios custos de produção, pelos gestores, vem levando-a a patamares de relevância até então não percebidos. Para Moubrey (1996) *apud* Sellito (2005), a manutenção tem procurado novos modos de pensar, técnicos e administrativos, já que as novas exigências de mercado tornaram visíveis as limitações dos atuais sistemas de gestão.

A competição pelo cliente, que é a razão da existência das empresas, tem motivado a criação de sistemas integrados e não mais setores e processos isolados, como se fosse cada empresa dentro da própria empresa. Durante este movimento, a manutenção foi se consolidando como elemento chave na integração dos processos, função está antes só dada à produção.

Com o desdobramento da função manutenção, percebeu-se que ela pode contribuir com a redução dos custos industriais e não só ser elemento consumidor, ela pode contribuir com a área comercial garantindo a entrega do combinado a partir da confiabilidade do funcionamento dos equipamentos na fabricação dos produtos, bem como, contribui com a Segurança do Trabalho e a Gestão do Meio Ambiente reduzindo o potencial de acidentes, e impactos ambientais, e por fim contribuir com o Controle de Qualidade Total para garantir a entrega do produto ao cliente conforme a sua necessidade, no momento desejado ao menor preço possível por ele percebido e otimização dos resultados financeiros dela.

A manutenção é como as organizações tentam evitar falhas ao cuidar das instalações físicas. É parte importante da maioria das atividades de produção, particularmente nas operações dominadas por suas instalações físicas, como centrais elétrica, hotéis, companhias aéreas e refinarias petroquímicas. Os benefícios da manutenção eficaz incluem maior segurança, maior confiabilidade melhor qualidade (equipamento mal conservado é mais provável de causar erros) custos operacionais menores (porque a tecnologia de processo mantida é mais eficiente), maior vida útil da tecnologia de processo e “valor final” maior (porque instalações bem conservadas

são, geralmente, mais fáceis de ser vendida no mercado de segunda mão). (SLACK. et al,2018, p.713)

Historicamente a manutenção é dividida em três gerações distintas, são elas: Primeira Geração que antecedeu a Segunda Grande Guerra Mundial, a Segunda Geração nascida logo após a Segunda Grande Guerra Mundial até os anos 60 e A terceira geração tendo início a partir da década de 70.

A primeira geração, onde o processo de produção industrial estava sendo consolidada como pilar principal da economia da época, a preocupação da manutenção era basicamente a reabilitação das máquinas de produção.

Conseqüentemente, não era necessária uma manutenção sistematizada; apenas serviço de limpeza, lubrificação e reparo após a quebra, ou seja, a manutenção era, fundamentalmente, corretiva. (KARDEC e NASCIF, 1999, p. 05)

A geração seguinte vem uma significativa evolução a manutenção devido às demandas trazidas pela guerra, a qual por muitas vezes serviu como um laboratório muito interessante para o nascimento de inovações tecnológicas e gestão. Neste período a indústria necessitava do aumento da produção, certeza de um maior tempo dos equipamentos em operação e a necessidade de se antecipar as quebras. Começa a evidenciar a necessidade de maior disponibilidade, bem como confiabilidade, tudo isto na busca da maior produtividade:

A última das gerações, que é a atual, traz uma visão mais holística da manutenção, pois nela a interação com todas as outras disciplinas que regem as organizações tem uma atenção especial, o papel da manutenção transcende a reabilitação e manutenção da funcionalidade dos equipamentos, mas a importância com o negócio fim da empresa passa a ser o seu foco. Os equipamentos passam a ser vistos como ativos que devem ser geridos, a qualidade passa a ser vista como meta também da manutenção para satisfação dos clientes internos e externo e a certeza da entrega ao mercado agora é uma função também da manutenção e não só da produção.

[...] pela tendência mundial de utilizar o *just-in time*, onde estoque reduzidos para produção significavam que pequenas pausas de produção/entrega naquele momento poderiam paralisar a fábrica". [...] "confiabilidade e disponibilidade tornam-se pontos-chave em setores tão distintos como saúde, processamentos de dados, telecomunicações e gerenciamento de edificações. [...] Maior automação também significa que falhas cada vez mais frequentes afetam nossa capacidade de manter os padrões de exigência de qualidade estabelecidos". (KARDEC e NASCIF, 1999, p. 05)

## 2 MANUTENÇÃO FERRAMENTA ESTRATÉGICA

A revolução tecnológica ocorrida nas fábricas seja ela na intensa modernização da automação dos equipamentos ou nos sistemas de gestão da informação, o papel do homem de manutenção teve de passar por profundas mudanças no decorrer dos anos.

Se o paradigma anterior, e ainda atual das maiorias das empresas, era “O homem de manutenção sente-se bem quando executa um bom reparo”, o novo paradigma é: “ o homem de manutenção sente-se bem quando não tem que fazer reparo por que conseguiu evitar todas as quebras não planejadas” (KARDEC e NASCIF, 1999, p.01).

Segundo Siqueira (1998) as empresas necessitam mais que a garantia da reabilitação eficiente e/ou eficaz dos seus ativos, mas elas precisam da certeza da entrega ao mercado do seu produto, neste aspecto foi anexada a manutenção conceitos de confiabilidade e disponibilidade afim de aumenta a competitividade da organização. A generalidade dos conceitos e técnicas da Manutenção Centrada em Confiabilidade é aplicável, atualmente a qualquer sistema, independente da tecnologia, onde seja necessário manter a funcionalidade de processos ou ativos.

A percepção do equipamento como um ativo da empresa ao qual se deve mais que a obrigação de repará-lo, pois isto é uma condição primaria agora à manutenção deve concebê-lo uma propriedade a qual deve aumentar a sua durabilidade, aperfeiçoar os seus resultados e reduzir os seus custos na obtenção da sua funcionalidade. Dentro deste contexto é imputada a manutenção também a função de controle de custo, função está pouco explorada, até mesmo pela visão arcaica e equivocada da manutenção como um mero centro de custo, e não como uma ferramenta de alavancagem operacional dentro das organizações.

Nenhum sistema de custo por mais complexo e sofisticado que seja, é suficiente para determinar que uma empresa tenha total controle deles, principalmente porque a fase mais importante do ciclo para essa finalidade é a tomada de decisões com respeito as correção dos desvios. (SCHIER. 2005, p. 123).

### 3 A GESTÃO DA QUALIDADE NA MANUTENÇÃO

A função qualidade sempre foi a mais distante da manutenção ao longo dos anos, sempre esteve sobre a responsabilidade da produção ou do próprio setor de qualidade dentro das organizações, quando muito um envolvimento colaborativo em alguns pontos específicos, geralmente ligados aos aspectos ambientais gerados pela própria manutenção, os quais a preocupação era aumentada as vésperas de auditoria. Com a própria evolução da manutenção no decorrer dos anos, foram introduzidas ferramentas semelhantes às utilizadas na busca da Qualidade Total, na rotina da manutenção como o 5S, PDCA, FMEA e outras, mas sempre com o foco na redução do efeito negativo da manutenção no processo, a falha funcional.

O conceito de qualidade tem evoluído bastante ao longo do tempo. Naturalmente essa evolução decorre das múltiplas óticas sobre as quais a qualidade tem sido vista por todos os que se interessam por ela ou estão envolvidos com sua busca e manutenção. Não há dúvida alguma que o aprimoramento dos conceitos de gerência, administração, marketing, recursos, produtividade e outros, contribuem bastante para o enriquecimento deste conceito e para aceitação da existência da qualidade nos mesmos. Hoje é muito comum fala-se em qualidade da manutenção, dos recursos humanos, dos meios de comunicação e de outros, numa demonstração de que os conceitos de qualidade e as possibilidades de sua aplicação são tão vastos como o são o contexto da empresa e o mercado onde ela atua (ABREU, 1991, p 17).

Dentro do conceito da manutenção como uma ferramenta estratégica nas organizações, a evolução no decorrer dos anos e a sua interação com a qualidade, apresentaremos a ferramenta Seis Sigma e as grandes possibilidades de vantagens competitivas para as organizações trazidas por ela aliada a manutenção industrial.

Tendo a qualidade diversas definições, as quais sendo observada sob uma visão unidimensional, lhe dará mais ou menos ênfase a uma de suas faces, e assim lhe conceituará, porém, todas as definições levam a entender que a qualidade deve: Entregar o produto certo, conforme as especificações projetadas, entregue no tempo certo, com um preço que o cliente reconheça o seu valor. Sendo assim, pode-se afirmar que os objetivos da Qualidade são convergentes com os da Manutenção Estratégica.

O grande desafio da qualidade é realmente trazer toda organização para comungar da necessidade da entrega de produtos de qualidade ao mercado. Neste

desafio, uma das maneiras encontradas para integrar as pessoas de diferentes setores, é a difusão de algumas ferramentas muito comuns aos profissionais da área de qualidade, porém pouco usada por outras áreas. A difusão destas técnicas pode produzir resultados positivos no processo produtivo com aumento de produtividade, redução de custo e garantir de padrões ideais de produção os quais iriam afetar diretamente no Controle de Qualidade Total do produto.

Das diversas metodologias que podem ser utilizadas no universo da qualidade, o Seis Sigma é a técnica que quando usada devidamente produz resultados positivos, em especial, junto a manutenção industrial, por já ter uma bagagem técnica e uma aproximação muito íntima com o processo de produção, o auxílio da estatística embarcada ao Seis Sigma, pode promover grandes resultados.

#### 4 MÉTODO SEIS SIGMA

O sistema Seis Sigma é uma metodologia para busca de soluções para demandas existentes nos processos produtivos aos quais se pode aplicar uma análise estatística ao problema que será evidenciado de forma clara.

O *six Sigma* foi criado pela Motorola, em 1986 como um método estruturado para efetivar a melhoria da qualidade. Desde então, evoluiu para uma metodologia robusta, que objetiva a melhoria empresarial e dirige a organização para as necessidades dos clientes criando um alinhamento dos processos pela utilização do rigor estatístico e teórico. Conforme a Universidade da Motorola, o *six sigma* evoluiu durante as últimas décadas e, no decorrer desse tempo, foi entendido de três formas diferentes: como métrica, como metodologia e como sistema de administração. (SELEME *et al*, p.11, 2012).

O sistema utiliza como modelo de melhorias o DMAIC, que é a abreviatura das palavras em inglês: *Define* (definir), *Mensure* (medir), *Analise* (analisar) *Improve* (Melhorar) e *Control* (controlar). Cada uma dessas fases tem uma particularidade a ser observada dentro do problema encontrado, o qual se transformará em um projeto Seis Sigma.

Definir, é a fase em que o problema é entendido e delimitado a ação do projeto, nela saberá o que se espera, o que se propõe a entregar. Nesta fase é montado o *Trend Charts* (gráfico de tendência), com a declaração de auto nível do projeto Seis Sigma. Para Ramos, *et al.* (2008) é fundamental que haja uma relação

clara com um requisito específico do cliente e que o projeto seja economicamente vantajoso.

Medir é a fase na qual se faz as coletas de dados para qualificar ou quantificar o problema ou oportunidade de melhorias encontradas. Nesta fase os conceitos de estatística são diretamente aplicados ou Seis Sigma. Também nela o empirismo é deixado de lado, e as investigações focam em fatos recorrentes. A metodologia Seis Sigma trabalha com fatos e dados. Nesta etapa, o processo em estudo é desenhado e são “medidas” as variáveis principais. (RAMOS, *et al.*,2008)

Analisar é a fase na qual o time do projeto olha para os dados e começa a conjecturar dentro dos resultados encontrados, pensam nas possíveis causas raízes e sugerem possíveis melhorias para o problema. A análise dos dados é feita nesta etapa utilizando ferramentas da qualidade e ferramentas estatísticas. (RAMOS, *et al.*,2008)

Melhorar é fase da criatividade, o momento de projetar e implantar as possíveis melhorias para o problema e faz a validação do que foi implementado. Essa é a fase em que a equipe deve fazer as melhorias no processo existente. Os dados estatísticos devem ser traduzidos em dados de processo e a equipe deve pôr a mão na massa, modificando tecnicamente os elementos do processo, atuando sobre a causa raiz. (RAMOS, *et al.*,2008)

Por fim, tem-se a fase Controlar. Nesta fase se verifica se as melhorias implementadas de fato estão surtindo efeito a partir de controle sistêmico. A função primordial da fase controlar e tornar institucionalizadas as melhorias ao processo. Nesta fase deve ser estabelecido e validado um sistema de medição e controle para medir continuamente o processo, de modo a garantir que a capacidade do processo seja mantida. (RAMOS, *et al.*,2008)

## **5 METODOLOGIA**

Como metodologia este artigo utilizou a aplicação da metodologia sistema Seis Sigma aplicado ao estudo de caso em um Complexo Automotivo.

## 6 ESTUDO DE CASO - SEIS SIGMA PARA MELHORIA DE PROCESSO

O estudo de caso foi realizado em uma empresa localizada no Complexo Automotivo na região do Complexo Petroquímico de Camaçari (COPEC). Vale ressaltar, que a empresa terceirizava as atividades de manutenção, porém, a partir do ano de 2015 incorporou 75 colaboradores de manutenção lotados na pintura desta parceria e passou ela mesma a efetuar a gestão da manutenção de seus equipamentos. Esta decisão foi entendida como uma decisão estratégica da empresa visando colocar a manutenção industrial como uma ferramenta de diferencial competitivo.

Esta estratégia de buscar mais proximidade com o setor de manutenção, como já ocorre em outras empresas, como uma boa prática de produção mundial, pode ser bem percebida a partir das ações tomadas posteriormente a sua incorporação. Dentre as ações incorporadas, a que ficou mais acentuada e que rapidamente gerou resultado, foi o treinamento de um conjunto de colaboradores de manutenção, que são destaques em suas respectivas áreas de atuação, na técnica Seis Sigma e na formação de time de *Green Belt* com uma experiência considerável no seu processo produtivo e uma grande técnica em manutenção industrial.

Segundo Ramos (2011) os *Green Belt* pertencem normalmente a média chefia da organização. Esses *Green Belts*, ou faixas verdes, geralmente compõem equipes multidisciplinares e tem a competência desenvolvida para, entender, aplicar a metodologia, liderar projetos de melhorias nos processos industriais com base na metodologia *Six Sigma*, simultaneamente mantendo as suas funções dentro da organização. O bom nível técnico desses profissionais permitem desenvolver com destreza os projetos liderados por um *Black Belt* ou mesmo como próprio líder de projeto.

Esses colaboradores são formados em um treinamento com duração mínima 40 horas ministradas por *Black Belt* ou *Champion* da própria empresa, no qual deve ser desenvolvido um projeto real e aplicável na empresa, onde os postulantes a *Green Belt* possam a entender e aplicar a metodologia *Seis Sigma* no processo produtivo onde ele deve está inserido, compreendendo de maneira prática as etapas da metodologia e suas ferramentas de suporte, e conduzindo o seu próprio projeto certificador com foco na melhoria de um processo real e palpável, de um produto existente e familiarizado ao seu dia a dia, aplicando métodos estatísticos para

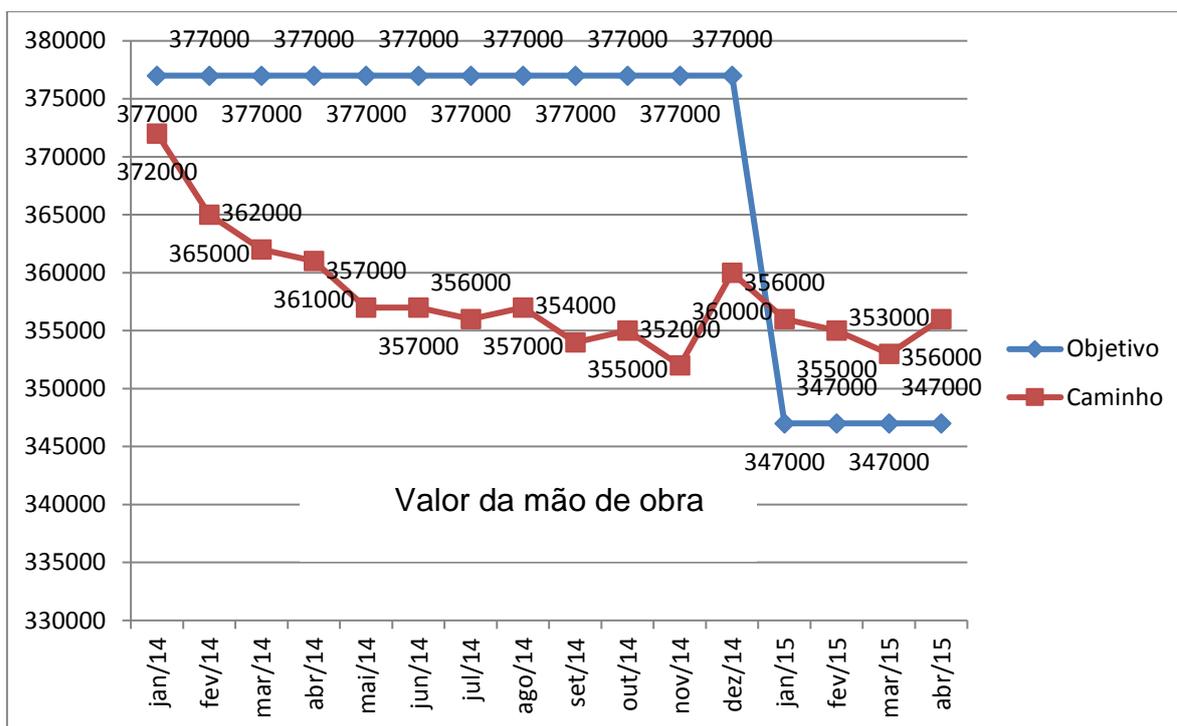
calcular os ganhos dos projetos, tendo como ferramentas de cálculo estatístico o programa Minitab disponibilizado durante o curso.

O estudo de caso apresentado foi idealizado e desenvolvido no primeiro semestre do ano de 2015, tendo seu final no mês de agosto de 2015 deste mesmo ano. O objetivo do projeto era eliminar o retrabalho de uma operação manual da estação de repasse do PVC, que é a sigla inglesa de “*Polyvinylchloride*” que em português significa Policloreto de polivinila (ou policloreto de vinil), um plástico conhecido como vinil que é obtido através de uma combinação de etileno e cloro, (estação de trabalho onde é feita a calafetação do assoalho dos veículos) no prédio de pintura de veículo, pois o cliente (a produção) não queria pagar por mão de obra existente nesta área por entender que é uma aplicação que tem que ser garantida pelos 04 robôs, esta mão de obra estava acima dos objetivos da fábrica.

A meta estabelecida para o projeto era a redução de três mão de obra e ganho de 15% no ganho de produtividade da planta.

A equipe do projeto foi composta por um engenheiro elétrico que postulava a verificação e certificação de *Green Belt* do seu treinamento na metodologia Seis Sigma, o Champion, que foi o gerente da planta e *Black Belt*, supervisor responsável da linha, dois técnicos eletrônicos que atuaram como *Yellow Belt* verificando padrões e coletando resultados e um técnico que trabalhou na execução das atividades fazendo o papel de *White Belt*. O Gráfico 1 a seguir ilustra a tendência e discriminação.

Gráfico 01 - Tendência e Discriminação da Emissão



Fonte: Elaborada pelo autor (2017)

No Gráfico 1 é demonstrado o caminho a ser percorrido pelo processo, onde se pretende uma redução do valor da mão de obra empregada no processo produtivo. O mapa a ser percorrido para atingir o objetivo global da companhia é a redução de doze mão de obra ou algum outro recurso que seja correspondente a esse valor até o mês de maio de 2015. A meta é de aproximadamente R\$ 2.499,00 (dois mil quatrocentos e noventa e nove reais) por pessoa mensalmente o que totalizará aproximadamente unitariamente e nove e setecentos por ano e um total de 356.000 por ano.

Pode ser observado também no Gráfico 01 acima o *Trend Charts* (gráficos de tendência) e o *Breakdown of issue* (discriminação da emissão) do projeto, onde o líder traduz a voz do cliente, e monta o *Roadmap* (o roteiro) que serve de base para a execução. Esta etapa do projeto é muito importante por que é a fase de definição, onde a voz do cliente é traduzida definindo o que é crítico para a qualidade.

Segundo Ramos (2008) a análise capacidade do processo é a capacidade que o processo tem de se mantêm produzindo dentro dos padrões de qualidade estabelecidas, segundo O estudo da capacidade não é algo novo. De fato, ele já faz parte do cotidiano de várias empresas que, sistematicamente fazem

os cálculos dos índices de capacidade. O processo é denominado como capaz quando a sua variação encontra-se entre os limites inferiores e superiores estabelecidos como críticos para qualidade.

O primeiro cálculo de índice de capacidade feito na fase de medição do DMAIC, nesta fase o *black belt* seleciona uma ou mais características CTQ ( *Critical Quality*), mapeia o respectivo processo, realiza as medidas necessárias e capacidade do processo a curto prazo . O objetivo aqui é aferir a capacidade antes do de intervir. (RAMOS *et al.*, p.173. 2008).

Após a análise inicial do processo, e estabelecidas as ações a serem adotadas e implementadas para a sua adequação, ele deve passar por uma nova análise de capacidade para avaliar se as ações tomadas foram eficazes para sua estabilidade.

Na fase de controle do DMAIC é refeito o cálculo da capacidade. O objetivo de reavaliar a capacidade do processo é verificar os ganhos obtidos com as melhorias implementadas pela equipe do projeto Seis Sigma. Dependendo dos resultados dessa reavaliação, pode ser necessário rever uma ou mais fases precedentes do processo. (RAMOS *et al.*, p.173. 2008).

A Figura 01 a seguir mostra o nível Sigma do projeto em execução.

**Figura 01 – Análise de Defeitos e Capacibilidade**

<p><b>MSA &amp; Process Capability:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Baseline Capability (Date):             <ul style="list-style-type: none"> <li>• DPMO = 92219,02</li> <li>• Cpk = 0.958</li> </ul> </li> </ul>
---

Fonte: Elaborada pelo autor (2017)

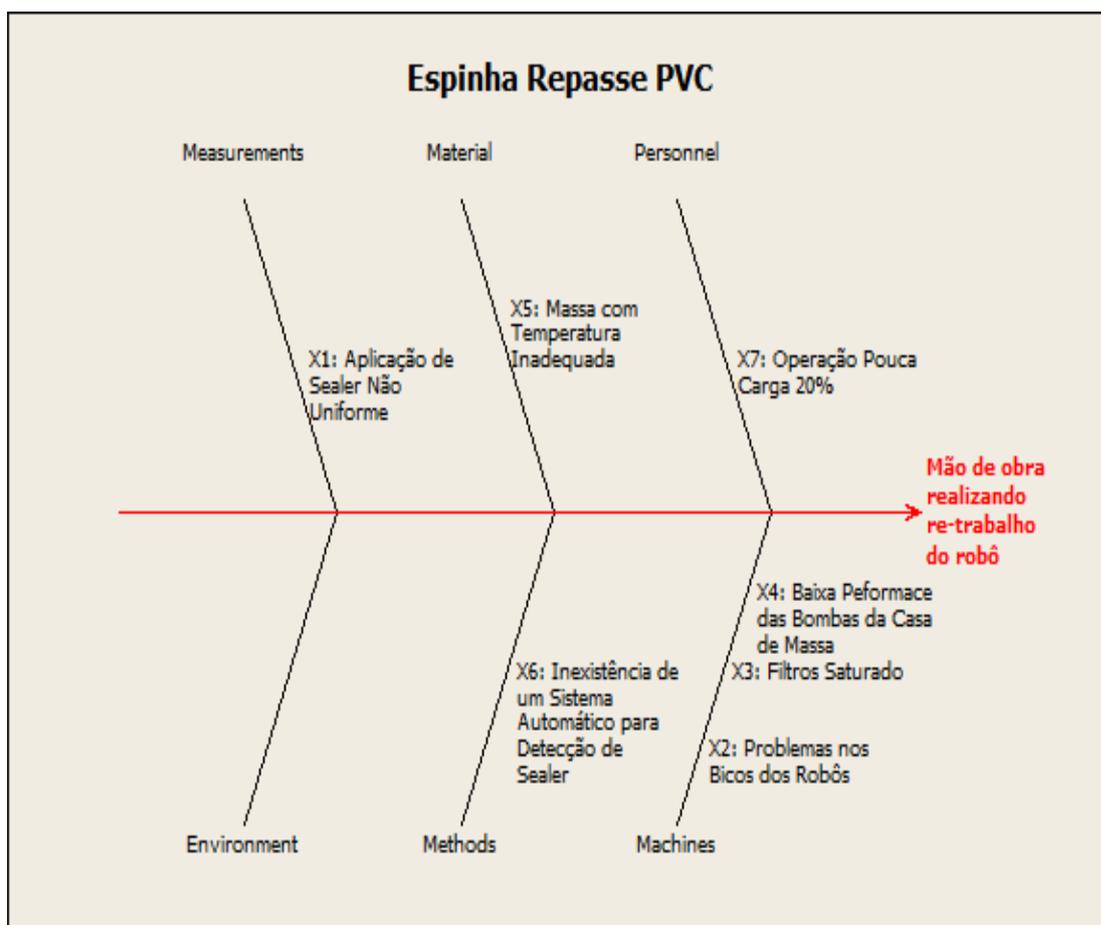
A Figura 01 acima detalha a Capacibilidade do processo no qual o postulante a *Green Belt* está atuando. Esta é a etapa inicial do processo de medição dos projetos *6Sigma*, pois após a medição da capacidade é que determina se o problema identificado na fase de definição é incapaz de atender as demandas do processo ou apesar de ser um problema, ele não necessita de um projeto complexo para sua resolução, sendo assim descartado o projeto.

Na análise de defeitos realizada acima, pode-se perceber que o DPMO, que corresponde a Defeitos Por Milhões de Oportunidades, tem um valor superior 66807, que é o valor correspondente a um processo de 03 sigmas e considerado capaz para a organização. O DPMO é uma métrica que mostra a quantidade de defeitos

existentes. Já na avaliação de Cpk tem-se um valor abaixo de 1,33, o que mostra que o processo é incapaz de atender aos anseios do cliente.

Em seguida para efetuar a medição do processo foi realizado o Diagrama de Causa e Efeito. A Figura 02 a seguir ilustra o Diagrama.

**Figura 02 - Diagrama de Causa e Efeito**



Fonte: Elaborada pelo autor (2017)

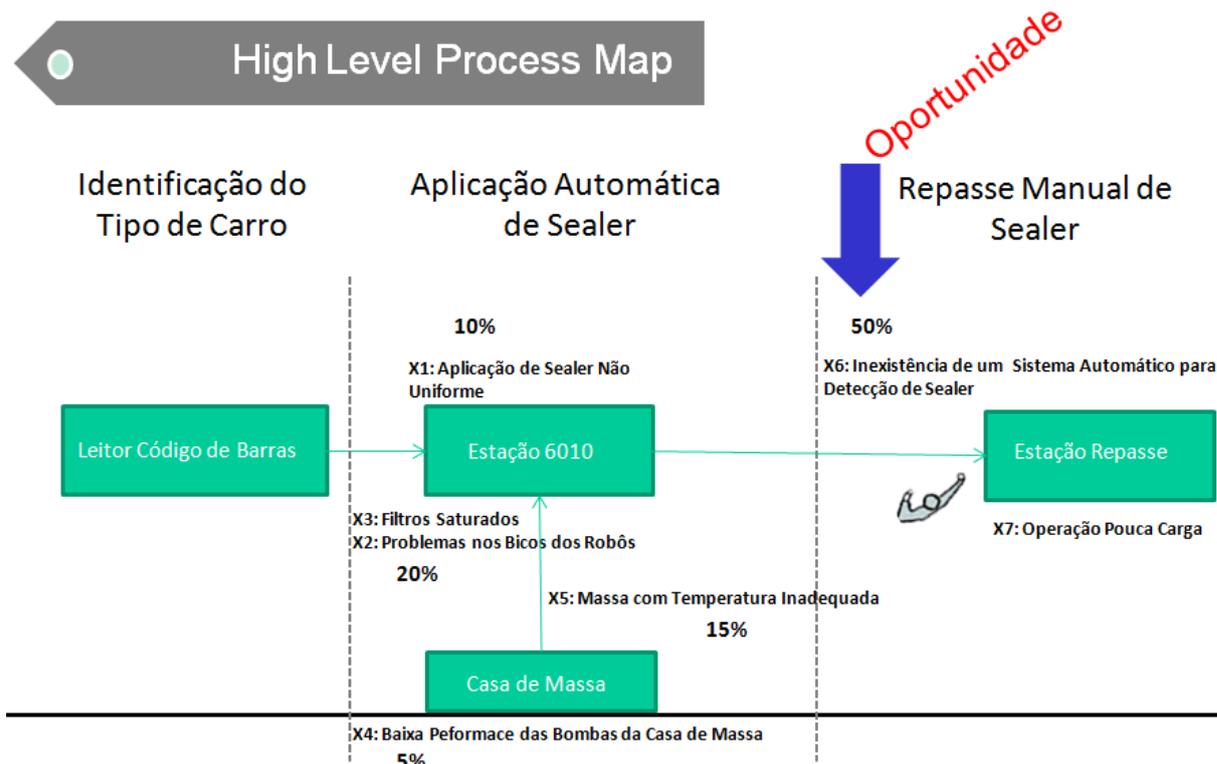
A Figura 02 acima ilustra o Diagrama de Causa e Efeito que faz parte da etapa de medição do processo. Nesta etapa, o postulante a *Green Belt* busca identificar os fatores que influenciam diretamente no processo (os "X") para que a partir deles possa elaborar as saídas do processo com as soluções para cada problema encontrado, (os "Y"). No Diagrama de Causa e Efeito foram identificados que a falta de um meio de medição da camada do selador, a garantia de um material nas condições ideais de processo, a falta de um sistema de detecção automática de selador aplicado, problemas com maquinário com desgaste e/ou

defeitos, afetam diretamente na necessidade da manutenção de mão de obra constante para fazer a inspeção de defeito de aplicação de selador.

Existem algumas variáveis que são comuns a todos os processos produtivos industriais e devem ser analisados sempre que há um problema. tais variáveis são; material, mão de obra, máquina, meio ambiente, medição e método. Essas metodologias foi inicialmente proposta por Imai, como a lista dos 4Ms, adicionando como nota os dois outros Ms – medição e meio ambiente- tornando-se conhecido como 6Ms. (PARANHOS FILHO, p.35, 2007).

Seguindo na etapa de medição do projeto, o postulante a *Green Belt* elabora um Mapa de Alto Nível do Processo para que possa identificar visualmente o gargalo na linha e quantificar o impacto de cada entrada identificada no Diagrama de Causa e Efeito. A proposta é que o postulante possa focar nas ações de saída do projeto. A Figura 03 mostra o Mapa do Processo de Aplicação de Massa.

Figura 03 – Mapa do Processo de Aplicação de Massa



Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Com a análise do diagrama na área de aplicação automática pode-se verificar que a falta de aplicação uniforme do selador tem um impacto de 10%, a saturação dos filtros de massa que garantem a ausência de sujidade nos bicos aplicadores e o próprio desgaste dos bicos tem um impacto de 20%, a temperatura

da massa no momento da aplicação faz variar a sua fluidez é responsável por 15% e as bombas quando apresentam baixa eficiência contribuem com mais 5 %. Porém, na análise, o item de maior impacto para manutenção da mão de obra para inspeção, é a falta de um sistema automático capaz de medir a camada de selador e alertar para que seja feita as devidas correções. O impacto deste item corresponde a 50%. A Figura 4 ilustra a aplicação de *selador* não uniforme e a inexistência do sistema de detecção de massa.

**Figura 04 – Aplicação de Selador não uniforme e Inexistência de Sistema de Detecção de Massa.**

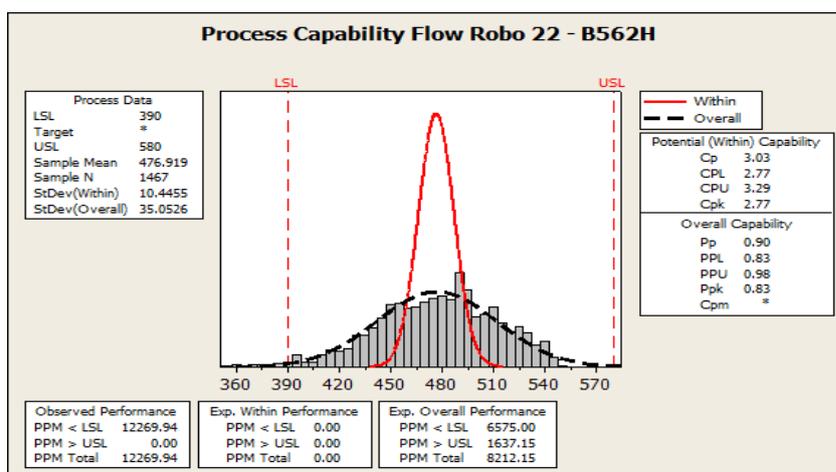


Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

A falta de medição de camada do selador aplicado interfere diretamente na necessidade de manter uma mão de obra, sendo assim a instalação de um dispositivo que monitore integralmente a aplicação de selador e que seja capaz de sinalizar ao mantenedor possíveis variações, pode tornar o ajuste mais dinâmico, não necessitando assim de um colaborador para inspecionar.

Nesta etapa é efetuada a análise do projeto e o momento da definição dos limites mínimos de vazão para garantir uma aplicação em todo assoalho realizado testes de volume de massa considerando condições piores de viscosidade, temperatura e pressão. Após a implantação da melhoria e análise é gerado o Gráfico de Capacidade do Processo conforme mostrado no Grafico 02 a seguir.

Gráfico 02– Capacidade do Processo após Melhorias



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Após a definição dos limites mínimos de vazão para garantir a aplicação em todo o assoalho e a realização de testes de volume de selador considerando as piores condições de viscosidade, temperatura e pressão, foram implementadas ações de correções para melhorar o processo. Esta fase de melhoria do processo (*improve*) foi novamente quantificada para verificar sua eficácia no processo.

Na análise do Gráfico 02 o CPK que é o índice que baliza o nível de capacidade do processo, foi de 2,77, tornando o processo altamente capaz devido o mesmo apresentar um valor acima de 0.958, como visto na fase de medição do projeto.

Após esta etapa foi desenvolvido um sistema para emitir alertas para o mantenedor quando houver alteração na aplicação, agilizando assim as correções antes que a aplicação esteja fora dos padrões mínimos estabelecidos. A Figura 05 a seguir mostra a tela do programa no qual o mantenedor da região da calafetação pode realizar alterações de parâmetros no sistema de aplicação de massa de maneira a corrigir as falhas de qualidade na aplicação sem a necessidade de um operador na região do repasse.

**Figura 05 – Tela de Verificação de Aplicação por Robôs e Sirene Para Alarme de Falhas de Aplicação.**

Nome	Projeto	Programa	Tip	Mot	Motor	Sens	Sensor	Check Flow R21	Check Flow R11	Check Flow R22	Check Flow R12
T001					0	0	0	0	0	0	0
T002	B515_4x2_Horizontal_DECK_1_6	Main_6010	2	1	1	0	0	390	480	332	440
T003					0	0	0	0	0	0	0
T004	B515_4x4_Horizontal_DECK	Main_6010	4	2	0	0	0	580	470	400	450
T005	B515_4x2_Horizontal_DECK_1_6	Main_6010	5	1	1	0	0	377	435	332	440
T006	B515_4x4_Horizontal_DECK	Main_6010	6		0	0	2395	0	0	0	0
T007	Novo_Ford_KA_Hatch_B562H	Main_6010	7		0	0	0	754	676	487	380
T008	Novo_Ford_KA_Notch_B562N	Main_6010	8		0	0	0	748	740	497	381
T009					0	0	0	0	0	0	0
T010					0	0	0	0	0	0	0
T011					0	0	0	0	0	0	0
T012	B515_4x2_Horizontal_DECK_2_0	Main_6010	2	2	1	0	0	0	0	0	0
T013					0	0	0	0	0	0	0
T014					0	0	0	0	0	0	0
T015	B515_4x2_Horizontal_DECK_2_0	Main_6010	5	2	1	0	0	300	315	330	440
T016					0	0	0	0	0	0	0
T017					0	0	0	0	0	0	0
T018					0	0	0	0	0	0	0
T019					0	0	0	0	0	0	0
					0	0	0	0	0	0	0
T021	B515_4x4_Horizontal_DECK				0	0	0	0	0	0	0
					0	0	0	0	0	0	0
					0	0	0	0	0	0	0
					0	0	0	0	0	0	0
T025	B515_4x2_Horizontal_DECK_1_6	Main_6010	5	5	1	0	0	390	480	332	440
T026					0	0	0	0	0	0	0
					0	0	0	0	0	0	0
					0	0	0	0	0	0	0
					0	0	0	0	0	0	0



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Como parte do processo de melhoria do sistema foram instalados o sistema de detecção de vazão, o controle de vazão separado por robô, a configuração do programa 3D *Onsite* a instalação de uma sirene com aviso sonoro em caso de falha de vazão ou câmera no assoalho da carroceria, conforme visto na figura acima.

Já a Figura 06 a seguir mostra o conjunto de elementos importantes para manutenção do processo de selagem estável, evitando ao máximo as falhas de aplicação de massa e consequentemente a necessidade de repasse por parte do operador.

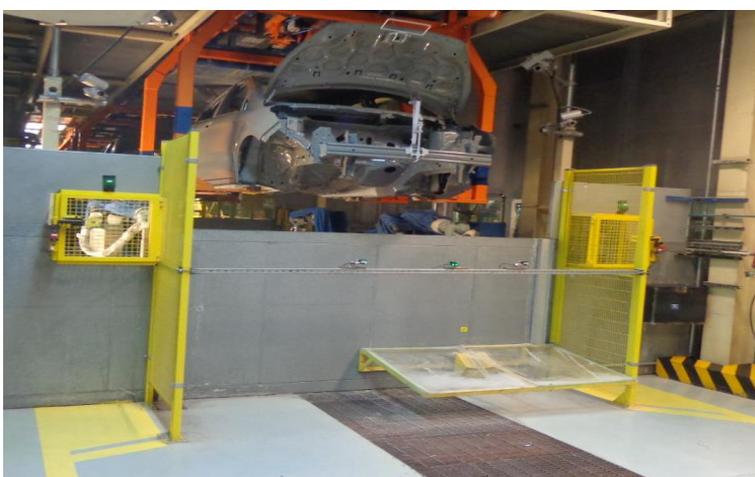
**Figura 06 – Conjunto de Equipamento do Sistema de Aplicação de Massa**



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Na Figura 07 é ilustrada a estação de aplicação

**Figura 07- Estação de Aplicação**

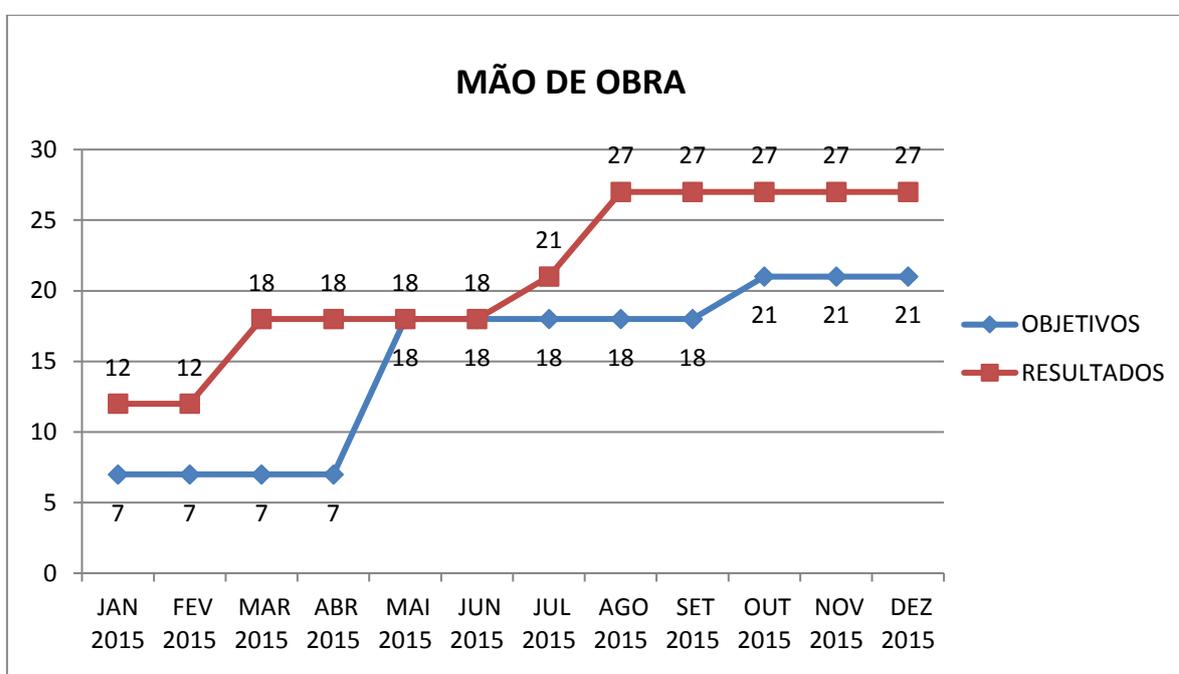


Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a implantação da melhoria pode-se verificar que o objetivo proposto na fase inicial do projeto, após a transformação dos requisitos do cliente, que são os atributos que influenciam a qualidade do produto ou serviço, para o que é crítico para qualidade, foram alcançados. O projeto teve um investimento de U\$ 10.000,00 com o retorno da redução de mão de obra no valor de U\$ 90.000,00 por ano com um *pay back* de 1,5 mês. Estes resultados deram uma contribuição de 17% para o resultado positivo da estação. O Gráfico 03 a seguir detalha estes dados

**Gráfico 03 - Resultados após Implementação das melhorias**



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

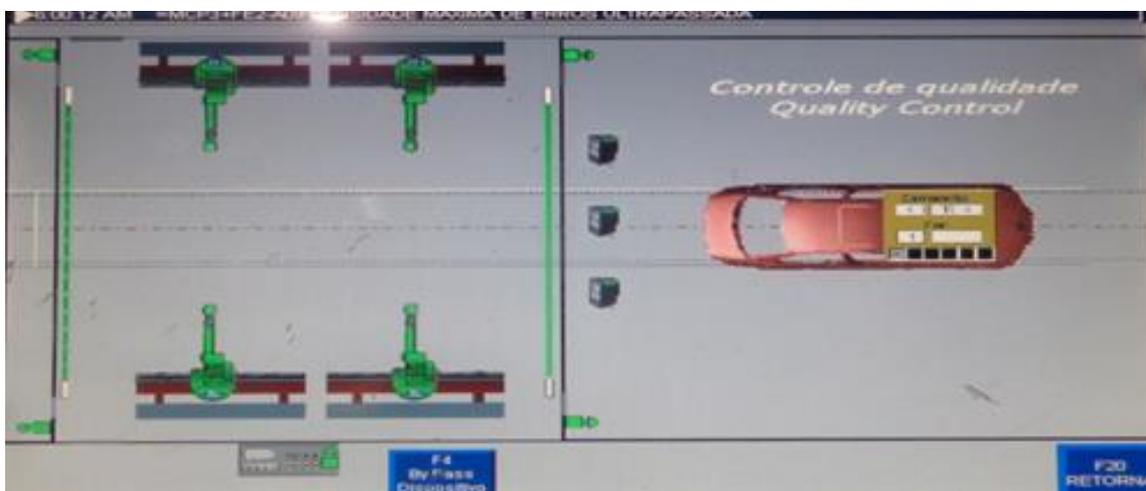
O Gráfico 03 acima demonstra a redução de custo no complexo automotivo baseando-se na quantidade de mão de obra, ou seja, nos quatro primeiros meses do ano havia a meta de redução de sete colaboradores em todo complexo ou uma redução de custo que correspondesse ao pagamento médio anual da remuneração referente a essa mão de obra, porém os resultados neste período era de dezoito cabeças, já no mês de maio, os objetivo passou também para dezoito cabeças, se igualando com os resultados até então alcançados até o momento. No final do mês de maio o projeto da pintura entrou em operação e no mês de julho o resultado da

redução de custo no complexo descola novamente do objetivo, passando para uma redução de vinte e uma cabeças ficando acima três cabeças do objetivo.

Vale destacar que, após a implementação do projeto, foram instalados os supervisórios para controle das falhas de aplicação no processo. Na primeira tela são registradas as falhas e os alarmes de aplicação na estação, podendo também gerar valores para verificação estatística do processo que julgar necessário novas checagens. Na segunda tela, o mantenedor da área tem os alarmes de falhas com um auxílio visual necessário para a correção mais rápida dos problemas. Nesta fase de controle o projeto é dado como concluído e passa a ser parte do processo natural de produção. A Figura 08 mostra a tela do sistema supervisório.

**Figura 08 – Supervisório Resultado após Implementação**

Incident Description	Duration	Start Time	End Time
WARNING FLOW MIN KA HATCH	00:00:10	2015-11-04 04:09:43	2015-11-04 04:09:53
WARNING FLOW MIN KA HATCH	00:00:09	2015-11-11 04:06:41	2015-11-11 04:06:50
WARNING FLOW MIN KA HATCH	00:00:10	2015-11-11 03:22:33	2015-11-11 03:22:43
WARNING FLOW MIN KA HATCH	00:00:10	2015-11-03 23:39:05	2015-11-03 23:39:15
WARNING FLOW MIN KA HATCH	00:00:11	2015-11-12 07:07:58	2015-11-12 07:08:09
WARNING FLOW MIN KA HATCH	00:00:10	2015-11-11 12:06:02	2015-11-11 12:06:12
WARNING FLOW MIN KA HATCH	00:00:10	2015-11-10 20:40:49	2015-11-10 20:40:59
WARNING FLOW MIN KA HATCH	00:00:10	2015-11-10 13:02:16	2015-11-10 13:02:26
WARNING FLOW MIN KA HATCH	00:00:11	2015-11-10 13:04:46	2015-11-10 13:04:57
WARNING FLOW MIN KA HATCH	00:00:10	2015-11-10 22:35:23	2015-11-10 22:35:33
WARNING FLOW MIN KA HATCH	00:00:09	2015-11-11 04:08:25	2015-11-11 04:08:34
WARNING FLOW MIN KA HATCH	00:00:08	2015-11-04 22:18:30	2015-11-04 22:18:38
WARNING FLOW MIN KA HATCH	00:00:10	2015-11-04 04:11:57	2015-11-04 04:12:07
WARNING FLOW MIN KA HATCH	00:00:11	2015-11-11 04:12:24	2015-11-11 04:12:35
WARNING FLOW MIN KA HATCH	00:00:10	2015-11-11 04:14:24	2015-11-11 04:14:34
WARNING FLOW MIN KA HATCH	00:00:10	2015-11-05 10:48:50	2015-11-05 10:49:00



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão estratégica da manutenção de fato aumenta o diferencial competitivo para as empresas que as usa com destreza. Já está comprovado que a gestão da manutenção contribui de maneira significativa e grande relevância nos resultados organizacionais.

Neste estudo foi possível verificar que as interações da manutenção com as ferramentas de qualidade de maneira mais aprofundada também ajudam no desenvolvimento de inovações dentro do processo produtivo. Dentre as técnicas, o método Seis Sigma tem uma especial afinidade com a manutenção, pois, a metodologia inclui considerável espaço para o aproveitamento da capacitação e experiência técnica do profissional de manutenção.

Pode-se observar também no estudo de caso, que a decisão organizacional de trazer a manutenção para o seu total domínio e a adição da técnica de Seis Sigma, formando alguns *Green Belts* da manutenção, a empresa conseguiu desenvolver projetos que aumentaram de maneira significativa a qualidade do seu produto e simultaneamente reduziu os custos operacionais, conseqüentemente, obtendo mais lucro e vantagem competitiva no mercado.

## REFERÊNCIAS

ABREU, Romeu Carlos Lopes de. **CCQ, Circulo de Controle de Qualidade: Integração –Trabalho-Homem- Qualidade Total.** Editora Qualitymark Ltda. 2ª Edição. Rio de Janeiro 1991.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção Função Estratégica** Ed. Quality. 1ª Edição. Rio de Janeiro, 1999.

PARANHOS FILHO, Moacyr. **Gestão da Produção.** Editora IBPEX. 20ª Edição. Curitiba 2007.

RAMOS, Alberto Wunderler. et al. **Seis Sigma, Estratégia para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços.** Editora Atlas S.A. 1ª Edição. São Paulo 2008.

SCHIER, Carlos Ubiratan da Costa. **Custos Industriais** Editora IBPEX. 1ª Edição. Curitiba 2005.

SELEME, Robson; STADLER, Humberto. **Controle de Qualidade: As ferramentas Essenciais.** Editora Intersaberes. 1ª Edição. Curitiba 2013.

SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**  
Editora Quality. 2ª Edição. Rio de Janeiro, 2005.

SELLITTO, Miguel. **Formulação estratégica da manutenção industrial com base na confiabilidade dos equipamentos**, disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-65132005000100005](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132005000100005). acesso em 08-06-2018.

SLACK, Nigel; ALISTAIR, Brandon-Jones; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. Editora Atlas. 4ª Edição. São Paulo 2018.