



# **METODOLOGIA SIX SIGMA APLICADA À INDÚSTRIA DE PRODUTOS HIDRÁULICOS NOS ESTADOS UNIDOS**

**MURILO RIYUZO VENDRAME TAKAO** - mrvtakao@gmail.com  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP - SÃO CARLOS

**JASON WOLDT** - woldtj@uwplatt.edu  
UNIVERSITY OF WISCONSIN-PLATTEVILLE

**IRIS BENTO DA SILVA** - ibs@sc.usp.br  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP - SÃO CARLOS

**Área:** 2 - GESTÃO DA QUALIDADE  
**Sub-Área:** 2.5 - QUALIDADE EM SERVIÇOS

**Resumo:** A INTENSA COMPETITIVIDADE NO MUNDO DOS NEGÓCIOS E A BUSCA POR ATENDER AS EXIGÊNCIAS DO CONSUMIDOR SÃO UMA TENDÊNCIA MUNDIAL, O QUE RESULTA NA PROCURA DAS EMPRESAS POR UM ALTO NÍVEL DE EXCELÊNCIA. OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS, REDUÇÃO DE CUSTOS E AUMENTO DA QUALIDADE DO PRODUTO SÃO AS METAS QUE ATUALMENTE AS EMPRESAS VISAM CUMPRIR COM O OBJETIVO DE MANTER SEU APRIMORAMENTO CONTÍNUO. A INTEGRAÇÃO DE FERRAMENTAS DE QUALIDADE, COMO A METODOLOGIA SIX SIGMA, SÃO DE FUNDAMENTAL IMPORTÂNCIA NESSE PROCESSO. O ARTIGO DESCREVE A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SIX SIGMA EM UMA EMPRESA NORTE AMERICANA DE PRODUTOS HIDRÁULICOS, ABORDANDO DETALHADAMENTE CADA FASE DO PROCESSO E OS SATISFATÓRIOS RESULTADOS FINAIS, FINANCEIROS E CULTURAIS.

**Palavras-chaves:** SIX SIGMA, COMPETITIVIDADE, EXCELÊNCIA.

## SIX SIGMA METHODOLOGY APPLIED TO THE PLUMBING INDUSTRY IN THE UNITED STATES OF AMERICA

**Abstract:** *THE INTENSE COMPETITION IN THE BUSINESS WORLD AND THE SEARCH TO ATTEND THE CUSTOMER REQUIREMENTS ARE A WORLD TREND. THIS TENDENCY RESULTS IN A SEARCH OF COMPANIES FOR A HIGH LEVEL OF EXCELLENCE. PROCESS OPTIMIZATION, REDUCTION OF COSTS AND HIGH PRODUCT QUALITY ARE THE GOALS THAT CURRENTLY THE COMPANIES AIM TO ACCOMPLISH IN ORDER TO MAINTAIN THE CONTINUOUS IMPROVEMENT. THE USE OF QUALITY TOOLS, AS THE SIX SIGMA METHODOLOGY, HAS A FUNDAMENTAL IMPORTANCE TO THE PROCESS. THIS ARTICLE DESCRIBES THE APPLICATION OF THE SIX SIGMA METHODOLOGY IN A PLUMBING COMPANY IN UNITED STATES OF AMERICA, APPROACHING DETAIL EACH STEP OF THE PROCESS AND THE SATISFACTORY FINAL RESULTS, FINANCIAL AND CULTURAL.*

**Keyword:** *SIX SIGMA; COMPETITIVENESS, EXCELLENCE.*

## 1. Introdução

Com o advento da globalização, muitas mudanças ocorreram no cenário econômico mundial, entre elas está a crescente competitividade entre as empresas em relação mercado. Tal tendência tem se intensificado nas últimas décadas, o que resultou na procura dessas organizações pelo aperfeiçoamento dos parâmetros de produtividade e qualidade, buscando assim a melhora de processos e redução custos.

Neste contexto ocorre a difusão de metodologias, ferramentas de qualidade, como o Six Sigma desenvolvido pela Motorola em 1980, que mostram-se capazes de cumprir com as metas desejadas, alavancando o nível de excelência e lucratividade de tais empresas. Segundo Harry (1998, p. 60): “Seis Sigma é um processo de negócio que permite às organizações incrementar seus lucros por meio da otimização das operações, melhoria da qualidade. Seis Sigma está relacionado à melhoria da lucratividade. Organizações que implementam Seis Sigma, fazem isso com a meta de melhorar seus lucros.”

Ademais, para Montgomery (2010, p. 58) o Six Sigma é uma poderosa estratégia de negócio usada para reduzir a variabilidade do processo através da efetiva utilização de ferramentas e técnicas estatísticas. É um rigoroso e disciplinado programa que usa dados e análises estatísticas para medir e melhorar o desempenho operacional da companhia através da eliminação de defeitos, erros ou falhas na manufatura, serviços ou processos transacionais.

Tal programa de melhoria contínua, tornou-se uma real necessidade na maioria das grandes empresas vistas como modelo. A qualidade é vista cada vez mais como um importante indicador de sucesso para as organizações, não apenas pela pela considerável redução de custos de produção, mas também pela satisfação do cliente com o produto ou serviço fornecido. Uma das características diferenciais da metodologia Six Sigma, comparada a outros sistemas de melhoria da qualidade, é que as ações executadas são embasadas em dados e eventos, propriamente medidos. As decisões intuitivas, ou relacionadas a informações sem fundamentação, não são adequadas para aumentarem a eficácia e eficiência das empresas.

O Six Sigma se mostra fundamental em uma organização, pois tem como foco a correção de causas em vez de efeitos, aperfeiçoamento de processos em vez de produtos ou atividades isoladas além de atuar na origem dos problemas em vez de seus sintomas. Fato que torna melhorias alcançadas mais duradouras. O programa representa também uma considerável mudança de cultura nas organizações. Hierarquias internas são consolidadas e a eficiência todas as etapas dos processos é atingida, por meio de treinamento da alta administração.

Neste artigo foi abordado um estudo de caso da aplicação da metodologia Six Sigma em uma empresa norte americana de produtos hidráulicos no estado de Wisconsin. Cada etapa do processo é propriamente descrita, assim como também são apresentados os resultados obtidos. Ao fim se é possível identificar as melhorias e benefícios alcançados pela implementação do programa de qualidade.

## 2. Six Sigma

A metodologia Six Sigma representa o programa de gestão da qualidade mais recente, tendo surgido na empresa norte-americana Motorola em 1987, com o objetivo de melhorar o desempenho da empresa através de estudos focados na variabilidade dos processos de produção (HENDERSON; EVANS, 2000). Trata-se de uma estratégia gerencial disciplinada, caracterizada por uma abordagem sistêmica e pela utilização intensiva do pensamento estatístico, que tem como objetivo reduzir drasticamente a variabilidade dos processos críticos e aumentar a lucratividade das empresas, por meio da otimização de produtos e processos, buscando satisfação de clientes e consumidores. (CARVALHO e PALADINI, 2005).

Embora a Motorola seja a precursora do Seis Sigma, a metodologia ganhou popularidade em 1994, quando o presidente da GE (General Electric) considerou-a o caminho para a busca da qualidade superior e da rentabilidade (WELCH, 2001). A metodologia está embasada em diversas características de modelos anteriores, como o pensamento estatístico, típico da época de maior ênfase no controle da qualidade, e a análise e solução de problemas (BOARIN, 2009). Contudo de acordo com Bisgaard e De Mast (2006) o Six Sigma foi um grande salto quando comparada às abordagens de gestão da qualidade anteriormente utilizadas, tendo como maior novidade no conceito Six Sigma foi o foco em resultado, especialmente monetário e estratégico.

Segundo Bañuelas e Antony (2002), seu diferencial reside na forma de aplicação estruturada dessas ferramentas e procedimentos e na sua integração com as metas e os objetivos da organização como um todo, fazendo com que a participação e o comprometimento de todos os níveis e funções da organização se torne um fator-chave para o êxito de sua implantação.

Abaixo encontra-se uma tabela com o significado da Escala Sigma. Tem-se calculado o índice DPMO (Defeitos por Milhão de Oportunidades), que representa a razão entre o número de peças reprovadas e o número de peças produzidas, multiplicada por um milhão. A partir de tal índice, atribui-se a empresa um nível de qualidade na Escala Sigma.

TABELA 1 – Significado da Escala Sigma

Taxa de Acerto	Taxa de Erro	DPMO	Escala Sigma
30,9%	69,1%	691.462	1,0
69,1%	30,9%	308.538	2,0
93,3%	6,7%	66.807	3,0
99,38%	0,62%	6.210	4,0
99,977%	0,023%	233	5,0
99,99966%	0,00034%	3,4	6,0

De acordo com Einset e Marzano (2002) a média das indústrias opera em um nível de qualidade 3 Sigma, que resulta em gastos entre 15% e 20% de seu faturamento em desperdícios com retrabalho, inspeções, testes e outras perdas. Tal nível de qualidade tem um padrão muito inferiores ao Seis Sigma, o qual apresenta taxa de erro de 0,00034% (3,4 ppm). Para Watson (2001) alcançar o Seis Sigma significa reduzir defeitos, erros e falhas a zero e atingir a quase perfeição no desempenho dos processos.

Werkema (2004) descreve que entre os principais elementos da infra-estrutura do Six Sigma está a constituição de equipes para executar projetos que contribuam fortemente para o alcance das metas estratégicas da empresa. O desenvolvimento desses projetos é realizado com base em um método denominado DMAIC:

Define: Definir com precisão o escopo do projeto, validar a importancia do projeto, constituir a equipe responsável pelo projeto e identificar as principais necessidade dos clientes/consumidores;

Measure: Determinar a localização ou foco do problema, coletar dados, verificar confiabilidade de tais dados, identificar problemas prioritários, estabelecer a meta de cada problema prioritário;

Analyze: Determinar as causas de cada problema prioritário, analisar o processo gerador do problema prioritário, identificar e priorizar as causas potenciais do problema prioritário, quantificar a importância das causas pontenciais prioritárias;

Improve: Propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário, identificar soluções prioritárias, testar em pequena escala as soluções prioritárias, elaborar e executar um plano para implementar as soluções prioritárias em larga escala;

Control: Garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo, avaliar o alcance da meta em laga escala, implementar um plano para o monitoramento da performance e

tomada de ações corretivas em caso de surgimento de anomalias, sumarizar o trabalho e fazer recomendações;

Observa-se nos setores de uma empresa em que são conduzidos programas Six Sigma uma determinada estrutura hierárquica. Pande (2003) e Andrietta e Miguel (2007) listam os componentes de tal hierarquia e descrevem suas atribuições:

Sponsors: estão no topo da equipe e têm a responsabilidade de promover e definir as diretrizes para a implantação do Seis Sigma;

Champions: membros da comissão executiva, os quais facilitam a obtenção de recursos e a eliminação de barreiras no desenvolvimento de projetos de melhoria;

Master Black Belts: fazem a ligação entre a gestão geral do projeto Seis Sigma e as pessoas responsáveis por cada um dos projetos de melhoria;

Black Belts: lideram projetos específicos. Trabalham com funções ligadas à identificação de novos projetos e no treinamento de GBs. Têm formação em métodos estatísticos, processo de melhoria da qualidade, entre outros;

Green Belts: dedicam-se às melhorias, com tempo parcial dentro do projeto;

Yellows Belts e White belts: compõem o chamado “chão-de-fábrica”, porém são treinados para utilizar as ferramentas básicas do Seis Sigma que se aplicam às várias fases dos projetos;

### **3. Estudo de Caso**

A pesquisa baseou-se no estudo de caso desenvolvido em uma empresa de produtos hidráulicos nos Estados Unidos, na cidade de Kohler, no estado de Wisconsin. Mais especificamente o projeto ocorreu no setor de torneiras. Foi analisada a atual conjuntura da companhia, no sentido de intensificar os seus indicadores de qualidade e produtividade, assim foi então aplicada a metodologia Six Sigma. O programa de melhoria contínua deu-se a partir da constituição de equipes para execução do projeto, e o desenvolvimento de tal teve como base o método DMAIC (define, measure, analyze, improve e control).

#### **3.1. Define**

O principal intuito da fase Define foi apurar os objetivos e obter entendimento do valor do projeto Six Sigma. Procurou-se também compreender qual era o problema, a meta pretendida, o impacto econômico resultante, o processo relacionado ao problema, além dos clientes afetados pelo mesmo.

Para tal finalidade a ferramenta chamada Voice of the Customer (Voz do Cliente) foi extremamente útil. O método descreve as expectativas, necessidades e percepções dos clientes quanto aos produtos e serviços da companhia. A ferramenta foi empregada no projeto através

de um estudo de Benchmarking para confrontar o desempenho da empresa em relação ao desempenho das organizações concorrentes. O benchmarking é um importante instrumento de gestão que permite o aperfeiçoamento de processos e funções em uma empresa, a partir da comparação produtos, serviços e práticas empresariais.

Observou-se então que a empresa não correspondia as expectativas dos clientes, e do mercado quanto ao Order Fulfillment Cycle Time (tempo estimado desde a entrada do pedido até a entrega do produto). Deste modo, o projeto pautou-se na necessidade de otimização nesta direção, focando em uma possível redução de custos a partir dessa lógica.

### **3.2. Measure**

A fase Measure focou na obtenção de dados que procuraram mensurar e descrever o problema, portanto fez uso principalmente de ferramentas de coleta de dados. Foram determinados também planos para tais coletas, ou seja, como a ação será realizada, quando será executada, o tamanho das amostras, além da definição operacional dos indicadores.

Deste modo, foi constatado que as torneiras americanas comerciais entregues aos clientes em 2011 levaram 46% a mais de tempo (20,5 dias contra 14 dias) do que as expectativas do mercado, conforme definido pelo tempo de espera desejado pelo cliente. Os documentos analisados para tal comprovação datam de janeiro de 2011 até dezembro de 2011.

Duas medidas foram adotadas no processo. Sendo a de Order Fulfillment Cycle Time (tempo estimado desde a entrada do pedido até a entrega do produto) a principal, e Inventário em Doláres a secundária. Esta última foi empregada pela razão de que se é consideravelmente fácil aumentar os níveis de serviço aumentando o inventário, o que pode resultar em perdas líquidas para o negócio, portanto a intenção foi de manter níveis constantes de inventário e implementar medidas para a melhoria dos serviços.



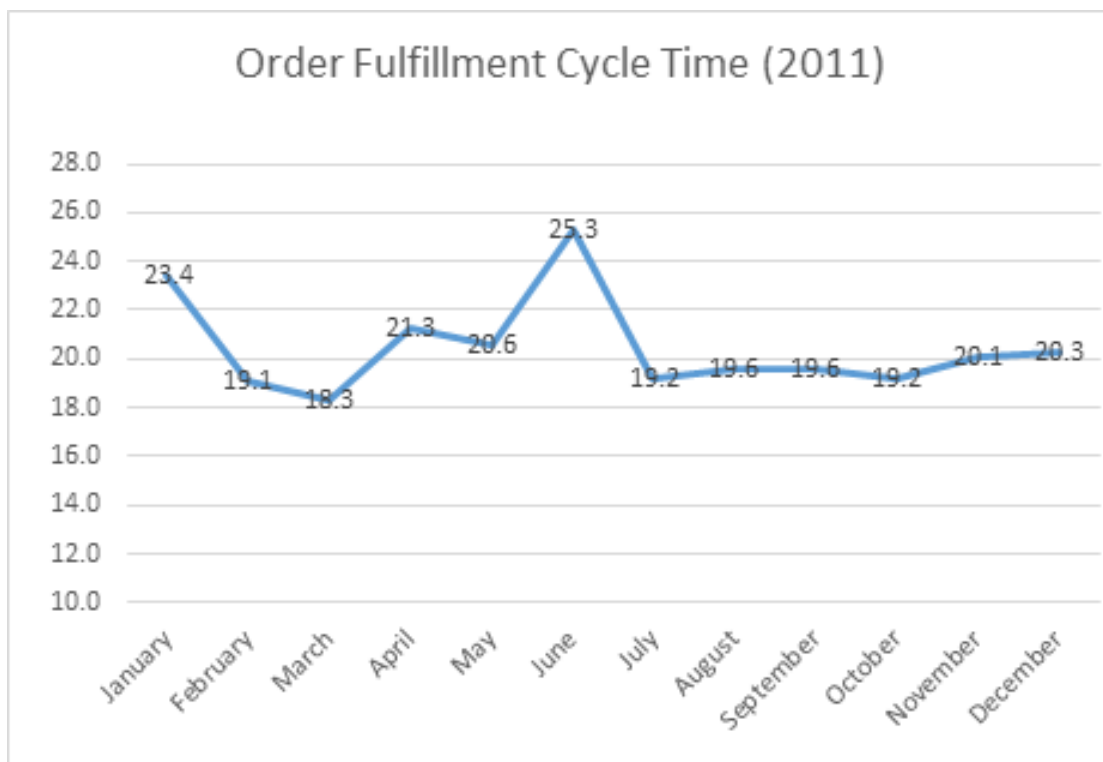


FIGURA 1- Order Fulfillment Cycle Time no ano de 2011.



FIGURA 2 – Inventário em Dólares no ano de 2011.

### 3.3. Analyze

A fase Analyze objetivou a definição das principais causas do problema previamente identificado, assim como quantificar a relevância das mesmas, dando prioridade às de maior importância. Deste modo, realizou-se uma sessão de Brainstorming, a fim de enumerar as



possíveis causas (Quais são os fatores que tem a maior influência no Order Fulfillment Cycle Time em termos de dias?). Os principais elementos destacados foram: Precisão do Plano de Vendas, Variação Entre Produção Real e a Estipulada, Controle do Estoque de Segurança e Desempenho do Fornecedor na Entrega.

A partir desses fatores selecionados, foi calculado através uma regressão linear múltipla quais dessas variáveis independentes causariam mais impacto na variável dependente (Order Fulfillment Cycle Time). E observou-se que as variáveis de maior destaque foram respectivamente Controle do Estoque de Segurança ( $R^2 = 0.54$ ) e Precisão do Plano de Vendas ( $R^2 = 0.47$ ). Portanto essas seriam as principais causas raízes a se considerar no projeto.

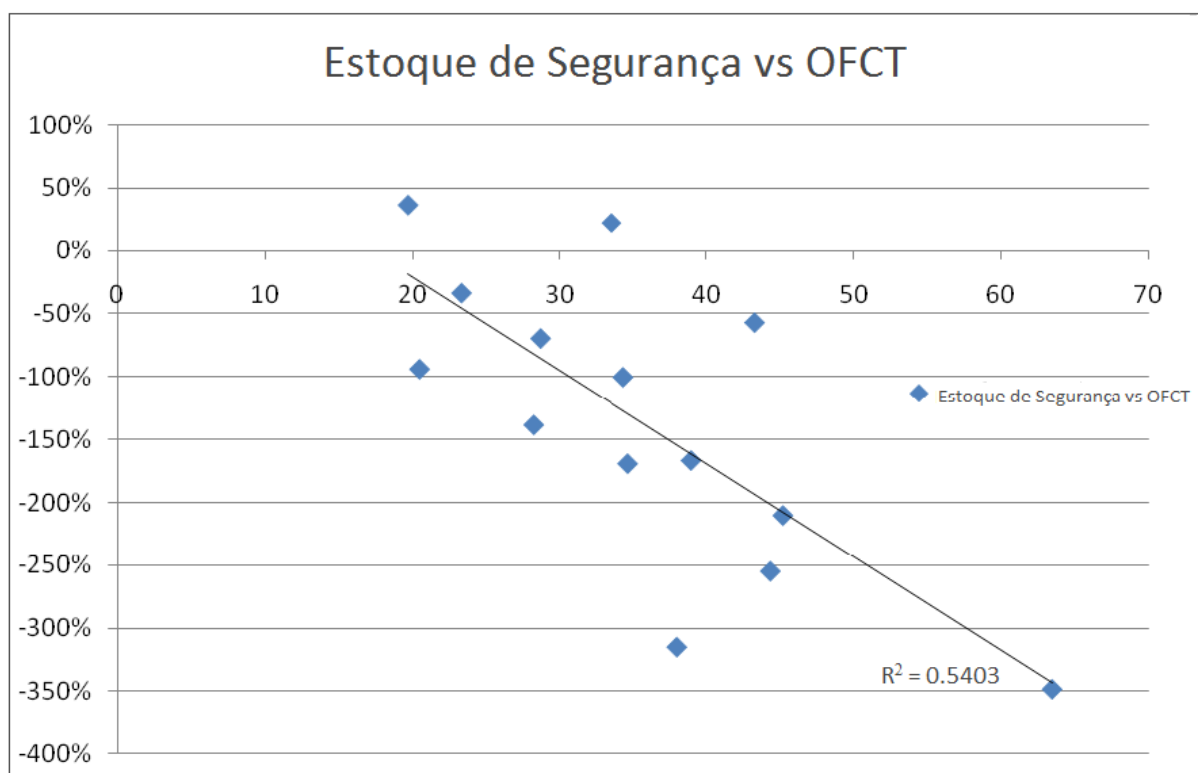


FIGURA 3 – Análise da influência do Estoque de Segurança no OFCT.

Seguindo na fase Analyze, realizou-se um histograma a fim de compreender se havia um grupo de Unidades de Manutenção de Estoque na qual podiam ser concentrados mais esforços, e o que se percebeu que dentre as 274 unidades, 52 delas se destacavam por somarem juntas 72% da demanda anual da empresa.

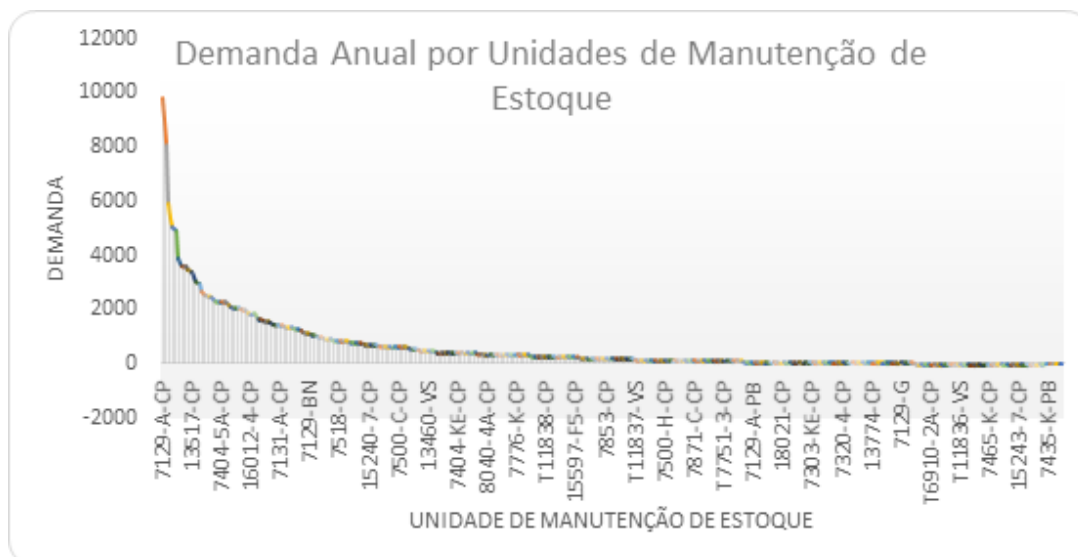


FIGURA 4 – Análise da Unidades de Manutenção de Estoque com maior demanda.

### 3.4. Improve

A fase Improve teve como meta a implementação de soluções, bem como analisar quais dessas soluções são as prioritárias. O projeto propôs a atuação em dois fatores, os quais foram considerados mais relevantes na fase anterior: Controle do Estoque de Segurança e Precisão do Plano de Vendas.

Para a primeira causa a solução empregada foi uma revisão mensal da demanda das 52 principais Unidades de Manutenção de Estoque, as quais somam juntas 72% das vendas. Já a segunda medida implementada foi codificar (Código SPA) as 52 principais Unidades de Manutenção de Estoque, com o intuito facilitar o processamento de forecasts, o que permitiria uma melhor definição de estoques de segurança e cíclicos, prevendo e prevenindo-se de oscilações na demanda. O Código SPA é um código de autorização especial dentro sistema de Planejamento de Recurso Corporativo (sistema integrado de gestão empresarial, sistema de informação o qual integra todos processos e dados de uma empresa em um único sistema).

### 3.5. Control

A última fase do método DMAIC visou garantir que os progressos alcançados durante o projeto fossem mantidos a longo prazo, introduzindo um plano de monitoramento e ações a fim de retificar possíveis complicações que possam aparecer. Dentre essas medidas corretivas, o caso implementou duas mais importantes. A primeira é uma condução pelos próximos 3 meses da demanda mensal das 52 principais unidades de manutenção mensal. Já a segunda medida trata-se de uma revisão anual do Código SPA, com objetivo de certificar-se que as Unidades de Manutenção Mensal apropriados sejam ser adicionadas ou removidas.

#### 4. Resultados e Discussões

O programa de melhoria Six Sigma mostrou-se bastante eficaz na aplicação deste caso. Assim como os resultados financeiros obtidos após a introdução da metodologia, vários progressos e benefícios podem também ser ressaltados. Dentre tais evoluções estão: a eliminação de procedimentos desnecessários nos serviços de vendas/clientes, agilizando o processo de entrega; a melhoria na capacidade de planejamento para futuras demandas; potencial para a migração dos processos para outras linhas de produção; além do crescimento da satisfação indo de encontro com as necessidades do projeto, fornecedores e distribuidores.

Os resultados financeiros conquistados foram bem relevantes também. A empresa atingiu uma economia anual de \$248,034. Tal progresso é explicado pela a solução das principais causas raízes.

Uma das ações adotadas foi a conversão do inventário de componentes em estoque de produtos finalizados para ser capaz de responder mais rapidamente aos pedidos dos clientes. Essa medida resultou em uma redução 2,5 dias de Order Fullfillment Cycle Time, o que correspondeu a uma economia de \$167,591.

Já a segunda ação tratou-se da avaliação da demanda mensal sobre as 52 mais relevantes unidades de manutenção de estoque, a fim de rever um plano de atuação para um panorama de três meses, visto que o plano de vendas anterior possuía uma grave margem de erro (57%), o que tornava difícil uma resposta rápida de entrega ao cliente quando a demanda oscilava. O efeito resultante foi uma redução de 1,2 dias de Order Order Fullfillment Cycle Time (\$80,443).

#### 5. Conclusão

O artigo explorou o estudo de caso de um projeto realizado numa empresa norte americana de produtos hidráulicos no estado de Wisconsin, estimulando assim a compreensão de um processo de melhoria com a abordagem Six Sigma. O estudo revela, através do método DMAIC, que a solução do problema se deu de maneira estruturada, evidenciando assim a importância residente na identificação do cenário atual antes da implementação do projeto, análise dos dados e informações, busca por alternativas para a solução do problema, triagem da solução mais relevante, execução das ações de melhoria, validação dos resultados e manutenção dos progressos atingidos pelo programa.

A metodologia Six Sigma é uma ferramenta de qualidade que pelo fato de buscar diminuição de variabilidade no processo, redução de gastos, otimização de processos e satisfação dos clientes, tem se popularizado muito nos últimos anos e se tornado uma excelente alternativa para as empresas em âmbito mundial. Muitas estimativas apontam que,

a curto prazo, empresas que não se desenvolverem e alcançarem um nível Six Sigma, elevando seus indicadores de qualidade e produtividade, não terão capacidade competitiva no mercado nos próximos anos. O artigo corrobora com essa ideia de que a utilização de programas de melhoria dentro das organizações é uma tendência global, ou seja, trabalhar atualmente com tal metodologia remete a trabalhar em classe mundial. Este estudo confirma que mesmo numa empresa norte americana, a implementação metodológica é similar aos casos empregados no Brasil. Ainda reforça a possibilidade de aplicação em presas de médio porte.

## Referências

- ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P. A. C. *A Importância do Método Seis Sigma na Gestão da Qualidade Analisada sob uma Abordagem Teórica. Ciência & Tecnologia*, v.11, n.20, p.91-98, Dez. 2002.
- BAÑUELAS, R.; ANTONY, J. *Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations*. The TQM Magazine, v. 14, n. 2, p. 92-99, 2002.
- BISGAARD, S. e DE MAST, J. After Six Sigma - What's Next? Quality Progress, January, p.30-36, 2006.
- BOARIN P., S. H.; CARVALHO, M. M.; LEE HOO, L.; RIGAZZ, S. *Programas de Melhoria da Qualidade no Setor Bancário: Uma Análise Comparativa do Cenário Brasileiro e Português. Produto & Produção*, v.10, n.3, p. 77-85, Out. 2009.
- CARVALHO, Marly Monteiro; PALADINI, Edson Pacheco. *Gestão da Qualidade: Teoria e Casos*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 2005.
- EINSET, E.; MARZANO, J. *Six Sigma Demystified. Tooling & Production*, v.13, 2002.
- HARRY, M. J. (1998): "Six Sigma: A breakthrough strategy for profitability". *Quality Progress*, vol 31 no 5, 60-64.
- HENDERSON, K. M.; EVANS, J. R. *Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric company*. Benchmarking: an International Journal, v.7, n.4, p.260-282, 2000.
- MONTGOMERY, D. C.. *A Modern framework for achievement enterprise excellence*. International Journal of Lean Six Sigma, v. 1, n. 1, p. 56-65, 2010.
- PANDE, P. S.; NEUMAN R. P.; ROLAND, C. *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and other Top Companies are Honing their Performance*. India: McGraw-Hill Education, 2003.
- WELCH, J. J. *Definitivo: Segredos do Executivo do Século*. Rio de Janeiro: Campus, 2001.
- WATSON, G.H. *Cycles of learning: observations of Jack Welch*. ASQ Publication, 1, (1): 45-58, nov./01.
- WERKEMA, C. *Criando a Cultura Seis Sigma*. Werkema Editora, v.1, pp. 75-111, 2004.