



28 · 29 · 30  
de OUTUBRO

**XII SEGET**  
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
TEMA 2015  
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



# O USO DA METODOLOGIA DO DMAIC NA MELHORIA DOS PROCESSOS ORGANIZACIONAIS: ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DE EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS

Ronaldo camara cavalcante  
ronaldo\_ccavalcante@hotmail.com  
AEDB

**Resumo:** A busca por melhores práticas que levem a incrementos de produtividade é constante por parte das empresas de forma a manterem-se competitivas e assim maximizar sua lucratividade. Neste contexto a metodologia do DMAIC tem a capacidade de possibilitar ganhos de desempenho nas empresas através da promoção de melhorias nos processos organizacionais aumentando seu nível de desempenho, refletindo assim em produtos com mais qualidade e menor custo. Desta forma, o presente artigo aborda um estudo de caso em uma empresa fabricante de equipamentos industriais sediada no Rio de Janeiro, apresentando uma proposta de melhoria de processos com embasamento na metodologia DMAIC do lean seis sigma.

**Palavras Chave:** Qualidade - dmaic - lean - PRODUTIVIDADE - gestão de processos



28 · 29 · 30  
de OUTUBRO

**XII SEGET**  
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
TEMA 2015  
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



## 1. INTRODUÇÃO

Percebe-se que o ambiente de mercado encontra-se constantemente em mudança e ao mesmo tempo, repleto de oportunidades para os que se preparam. Neste contexto torna-se vital se preparar para obter vantagem competitiva em relação aos concorrentes para assim aumentar a presença no mercado e conseguir também alcançar maiores níveis de produtividade, possibilitando também a conquista de novos mercados (HAMMER, 1994).

Embora haja o consenso sobre a importância da melhoria permanente dos processos, muitas empresas têm tido dificuldades na definição das estratégias mais adequadas para obter melhorias relevantes e sustentadas. (SIQUEIRA, 2005). O pleno domínio de sofisticadas técnicas de melhoria e gestão dos processos tem se tornado vital para a manutenção da competitividade das empresas e por consequência para sua sobrevivência no ambiente de negócios também (HEINECK, 2001).

Tem sido crescente a busca por excelência operacional nas empresas. Cada vez mais se acirra a competição e se torna mais necessário melhorar para vencer a concorrência. (PORTER, 1991). Neste ambiente altamente competitivo, tem se tornado objeto de incessantes pesquisas, as ferramentas de melhorias de processos, tendo sido vislumbrados inúmeros casos de sucesso, como também tantos outros de fracasso (SAARI, 2006).

Neste contexto, a metodologia *Lean* Seis sigma busca a solução dos problemas utilizando basicamente cinco princípios fundamentais denominados de DMAIC (Definir- medir - analisar- incrementar – controlar) (COSTA, 2005).

Na etapa de definição é definido o projeto a ser abordado e o que precisa ser melhorado nele, detalhando os recursos necessários e o horizonte de tempo de estudo.

Na etapa de medição são definidas as métricas a serem utilizadas para acompanhar o andamento do projeto e fornecer dados que sirvam no futuro para analisar a eficácia das medidas adotadas para incrementar os processos. Coletas de dados e comparações, lote a lote, para gerar gráficos comparativos, são bastante utilizadas (NAVE, 2004).

Na etapa de análise, são identificados problemas nos processos e utilizadas ferramentas de tratamento para gerar propostas de melhoria, como diagrama de causa e efeito e FMEA, por exemplo (RAMOS, 2004).

Na etapa de melhoria, as soluções levantadas na etapa anterior são efetivamente testadas, tendo em vista a pré-realização de um *brainstorming* para validar a intervenção.

Na etapa de controle, são definidos meios para dar sustentabilidade e ações que garantam que as melhorias alcançadas sejam duradouras.

A combinação do pensamento *Lean* com a metodologia seis sigma gera inúmeras vantagens, tais quais podemos mencionar no Quadro 1 comparativa abaixo:



28 · 29 · 30  
de OUTUBRO

**XII SEGET**  
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
—TEMA 2015—  
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



**Quadro 1 - Benefícios do Lean Seis Sigma**  
Fonte: George (2002)

<b>Benefícios do Lean Seis Sigma</b>	
<b>Métrica</b>	<b>Resultado</b>
Lead Time	Redução: até 80%
Custos indiretos de manufatura e qualidade	Redução: até 20%
Entrega no prazo	Aumento: até 99%
Tempo de desenvolvimento de produtos	Redução: até 50%
Custos de materiais	Redução: até 50%

A sinergia dos dois pensamentos gera altos ganhos de produtividade, aliando o conhecimento técnico com formas mais dinâmicas de trabalho, que enriquecendo-o e gerando ambientes propícios para inovação, garantindo que os processos consigam sempre ser capazes de ser alterados em benefício do cliente, garantindo a manutenção constante da capacidade competitiva (HAMPSON, 1999).

## **2. DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DE EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS**

Foram analisados os processos de construção e montagem de equipamentos industriais notadamente da indústria de óleo e gás tais quais vasos de pressão, torres, caldeiras, trocadores de calor e skids de processo. Abaixo são explicitados os principais processos envolvidos.

### **a. Processamento de matéria prima**

- i. É conjunto de tarefas, tais quais corte, chanfro e esmeril, destinadas a criar as condições necessários na chapa auxiliando na preparação para montagem e soldagem.

### **b. Montagem**

Consiste no trabalho de caldeiraria em si com a montagem das chapas.

### **c. Soldagem**

A Soldagem é o processo de união de materiais (particularmente os metais) mais importante do ponto de vista industrial sendo extensivamente utilizada na fabricação e recuperação de peças, equipamentos e estruturas. A sua aplicação atinge desde pequenos componentes eletrônicos até grandes estruturas e equipamentos (pontes, navios, vasos de pressão, etc.). Existe um grande número de processos de soldagem diferentes, sendo necessária a seleção do processo (ou processos) adequado para uma dada aplicação.

### **d. Testes e ensaios finais**

Os equipamentos da indústria do petróleo possuem altas exigências de qualidade, de acordo com as normas internacionais, ASME (american society of mechanical engineer), por exemplo, com a exigência de inúmeras inspeções intermediárias na confecção do equipamento, tais quais inspeções dimensionais, inspeções na qualidade e eficiência de solda e testes de operação.



28 · 29 · 30  
de OUTUBRO

**XII SEGET**  
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
TEMA 2015  
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



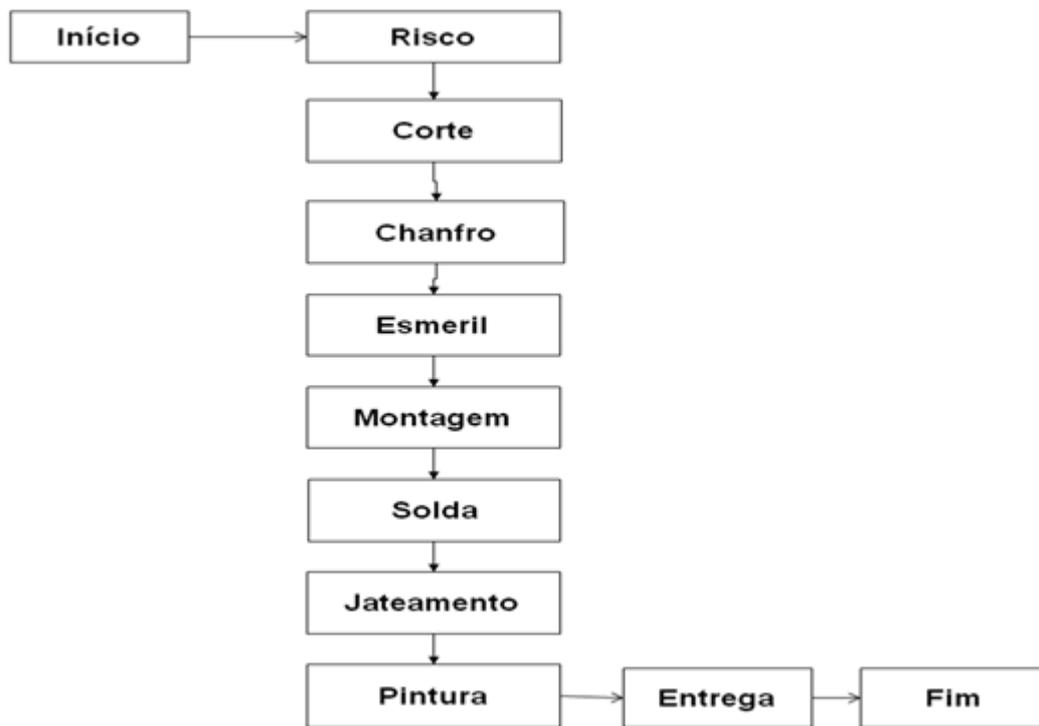
### e. Pintura

Fase final de acabamento do equipamento, onde deve ser isolada uma área específica para proceder todas as demãos de tinta necessárias para finalizar o equipamento, utilizando as tintas indicadas em plano de pintura específico desenvolvido por inspetor autorizado.

## 3. ESTUDO DE CASO

O estudo exploratório foi realizado em uma indústria do setor metalúrgico, localizada em São Gonçalo (RJ) que é fabricante de equipamentos estruturais utilizadas pela indústria de óleo e gás dentre outras finalidades. Possui na cartela de clientes empresas do setor de petróleo, nuclear e diversos estaleiros.

Abaixo na figura 1, está descrito um fluxograma contendo os macros processos produtivos:



**Figura 1 - Macro processos produtivos.**

**Fonte: Próprio autor**

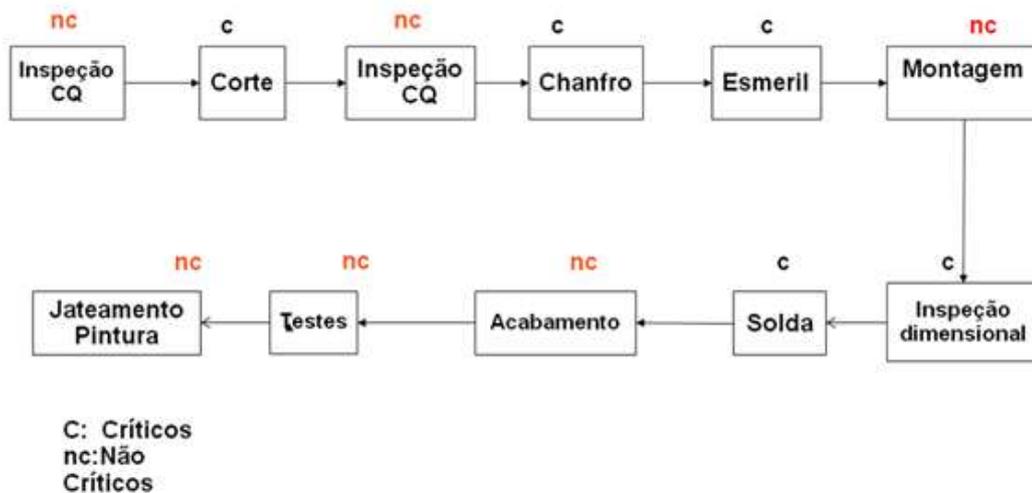
Foi realizada também uma análise de valor dos processos da empresa para que seja possível otimizar atividades que não geram valor, as quais são consideradas gargalos no processo (PAIM,2007 ).

Descrevendo os macroprocessos, chega-se a configuração abaixo mostrada na Figura 2 abaixo.



28 · 29 · 30  
de OUTUBRO

**XII SEGET**  
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
TEMA 2015  
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



**Figura 2 - Processos críticos e não críticos.**  
Fonte: Próprio autor

Os processos ditos críticos são aqueles que agregam valor ao produto, ou seja, são os processos de fabricação do produto em si. Já os que não são críticos, são aqueles de apoio, que sempre que possível devem ser eliminados.

Conforme o fluxograma acima, existem etapas que não agregam valor, porém sua eliminação é impraticável. Como forma de otimizar sua realização, deve ser feito um acompanhamento mais preciso para registrar a data e hora do pedido de inspeção e a data e hora da efetivação da inspeção como forma de incrementar o andamento dos processos e minimizar os efeitos indesejáveis e custosos de tempo de espera para o próximo estágio de processamento.

Essa redução de tempo de ciclo seria economicamente vantajoso para a empresa pois abriria espaço físico na planta para o início de novos projetos.

#### **4. ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS PROCESSO**

Pode ser efetuada uma análise global dos processos envolvidos no projeto como um todo. Para tal foi utilizada a ferramenta FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) ou análise do modo e do efeito de falha.

A metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha, conhecida como FMEA (do inglês Failure Mode and Effect Analysis), é uma ferramenta que busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo (AMARAL, 2009).

Este é o objetivo básico desta técnica, ou seja, detectar falhas antes que se produza uma peça e/ou produto. Pode-se dizer que, com sua utilização, se está diminuindo as chances do produto ou processo falhar, ou seja, estamos buscando aumentar sua confiabilidade (Ramos, 2004).

Esta ferramenta identifica todos os possíveis focos de falha, seus efeitos sobre o desempenho do processo e prioriza as falhas que tem maior ocorrência e cujos controles internos atuais não sejam suficientes. Para utilizar o método, devemos definir todos os processos envolvidos, levantar as falhas potenciais, seus efeitos, determinar suas causas e identificar o controle atual existente para o processo (AMARAL, 2009).



Posteriormente são atribuídos pesos aos efeitos da falha, as causas potenciais e aos controles atuais. O índice de severidade é dado em função da consequência dos efeitos da falha, numa escala de 1 (falha imperceptível) a 10 (falha compromete o funcionamento do produto). O índice de ocorrência é a probabilidade de uma causa potencial vir a ocorrer, seu valor varia de 1 (baixa probabilidade) a 10 (alta probabilidade). O índice de detecção indica a probabilidade dos controles atuais serem eficazes, varia de 1 (alta probabilidade de detecção) a 10 (baixa probabilidade de detecção) (ROTONDARO, 2001).

O Quadro 2 abaixo agrupa os valores completos:

**Quadro 2 - Esquema de avaliação da FMEA**  
Fonte: Rotondaro(2001)

Índice de Ocorrência	Índice de Severidade	Índice de Detecção
Muito remota – 1	-	Muito alta – 1
Muito Pequena – 2	Apenas perceptível – 1	Alta – 2, 3
Pequena – 3	Pouca importância – 2, 3	Moderada – 4, 5, 6
Moderada – 4, 5, 6	Moderadamente grave – 4, 5, 6	Pequena – 7, 8
Alta – 7, 8	Grave – 7, 8	Muito pequena – 9
Muito Alta – 9, 10	Extremamente grave – 9, 10	Remota – 10

Atribuídos esses pesos, deve-se agora obter o número de prioridade de risco (NPR), que consiste no produto dos 3 índices determinados. Os valores com maior NPR devem ter prioridade de ação corretiva. O Quadro 3 abaixo explicita a ferramenta:

**Quadro 3 – Ficha de percepção das falhas**  
Fonte: Rotondaro, 1998

Processo	Falha	Efeito da falha	Índice de Severidade	Causas	Ocorrência	Controle atual	Índice de detecção	NPR
Processos			a		b		C	abc

Após esta análise são efetivamente priorizados os de maior NPR e é montada o Quadro 4 de acordo com a que se segue:

**Quadro 4 - Ações recomendadas**  
Fonte: Rotondaro, 1998

FALHAS	NPR	Ações recomendadas	Responsável (Prazo)
Processos			

Foi Preenchida ficha de percepção por todos os membros do setor de planejamento da empresa estudada e seus resultados computados e ordenados em quadro específico por critério de importância.

A formação acadêmica dos membros participantes era a seguinte:

- 6 Técnicos de planejamento
- 4 Engenheiros
- 2 Técnicos da qualidade



28 · 29 · 30  
de OUTUBRO

**XII SEGET**  
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
TEMA 2015  
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



Os Quadro 5 e 6 abaixo explicitam a aplicação do método nos processos envolvidos.

**Quadro 5**  
**Fonte: Autor**

Processo	Falha	Efeito da falha	Índice de Severidade	Causas	Ocorrência	Controle atual	Índice de detecção	NPR
Abrir OS	Demora na abertura	Atrasos do projeto	5	RH	1	Não Há	10	50
Abrir RM	Demora na emissão do pedido	Atrasos do projeto	10	Sistema de aquisições	4	Sistema de requisição	3	120
Validar Materiais Recebidos	Inspeção do Controle de Qualidade	Tempo ocioso de espera	7	RH	5	Não Há	10	350
Corte	Corte incorreto	Especificação inválida do produto	10	Falha de engenharia	4	Controle de qualidade	8	320
Inspeção de Corte	Atraso de Inspeção	Tempo ocioso de espera de processamento	7	Atrasos de notificação e atendimento da solicitação de inspeção	8	Requerimento de Inspeção	8	448
Chanfro	Chanfro Incorreto	Perda de material	8	Falha de engenharia	6	Supervisor	6	288



28 · 29 · 30  
de OUTUBRO

**XII SEGET**  
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
TEMA 2015  
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



**Quadro 6**  
**Fonte: Autor**

Processo	Falha	Efeito da falha	Índice de Severidade	Causas	Ocorrência	Controle atual	Índice de detecção	NPR
Esmeril	Esmeril incorreto	Perda de material	8	Falha de engenharia	6	Supervisor	6	288
Montagem	Esquema incorreto	Retrabalho	1	Falha de engenharia	1	Supervisor	6	6
Inspeção dimensional	Atraso de Inspeção	Tempo ocioso de espera de processamento	7	Atrasos de notificação e atendimento da solicitação de inspeção	9	Requerimento de Inspeção	10	630
Solda	Descontinuidade	Retrabalho	10	Escassez de Mão de obra qualificada	9	Não Há	10	900
Testes Finais	Reprovação	Retrabalho	10	Falhas intermediárias de processo	1	Inspetores de qualidade	1	10

Realizando o filtro necessário e priorizando as etapas de maior número de prioridade de risco (NPR), obtém-se o seguinte quadro, conforme exibido abaixo no Quadro 7:

**Quadro 7 - Ações recomendadas.**  
**Fonte: Autor**

Processo	NPR	Ações recomendadas	Responsável
Inspeção de corte	448	Informatização dos requerimentos de inspeção	Gerência de produção e TI
		Maior integração entre o controle de qualidade, a engenharia e a produção	Engenharia
Corte	320	Treinamento e reciclagem do software de corte	Gerência de PCP
Validar materiais recebidos	350	Sistema de registro de entrada e saída de materias com auditoria mensal	Gerência de PCP
		Melhoria do layout do almoxarifado	
Inspeção dimensional	630	Informatização dos requerimentos de inspeção	Gerência de produção e TI
Solda	900	Capacitação de mão de obra	RH
		Parceria com formadores de mão de obra	RH
		Melhores salários	RH



28 · 29 · 30  
de OUTUBRO

**XII SEGET**  
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
TEMA 2015  
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da ferramenta FMEA para análise dos processos combinada a princípios extraídos da metodologia *lean seis sigma* na planta em questão foi extremamente útil, pois possibilitou uma gradual redução de tempo de execução dos processos, através de um remanejamento da estrutura de produção para mais próxima do ótimo, tendo em vista as restrições fabris existentes.

O princípio da minimização do tempo de fabricação, através de uma melhora do fluxo produtivo é inerente a filosofia Lean, sendo critério básico para garantir a sobrevivência das empresas. O objetivo da redução das perdas e desperdícios deve ser contínuo e integrar toda cadeia de valor da companhia, mudando assim por completo a maneira de gerenciar da empresa.

A redução do tempo de execução dos projetos se torna um fator de competitividade para empreendimentos futuros a serem realizadas e colocaria a empresa em patamar diferenciado de competitividade, garantindo assim a possibilidade de aumentar receitas e atender mais pedidos ao mesmo tempo.

Sendo uma empresa de pequeno porte e do setor metalúrgico, em que os processos já são bem definidos e as melhorias organizacionais são mais práticas, a filosofia *Lean Seis Sigma* se adapta consideravelmente, pois um conjunto enorme de pequenas ações é capaz de gerar resultados satisfatórios e de ser bem aceito pela alta gerência, além de não causarem conflitos com a mão de obra por não empreenderem mudanças radicais na metodologia de trabalho, adicionando somente um maior grau de organização.

## 6. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

**ABRAHAM, M.** Artigo *Lean seis sigma* na cadeia de valor. Disponível em [www.setecnet.com.br/artigos/lean\\_seis\\_sigma\\_na\\_cadeia\\_de\\_valor.pdf](http://www.setecnet.com.br/artigos/lean_seis_sigma_na_cadeia_de_valor.pdf)>. Acesso em 19/05/2009.

**AMARAL, D.** FMEA: Análise do tipo e efeito de falha. Disponível em: <<http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf>>. Acesso em: 06/06/2009.

**ASME VIII.** Rules for construction of pressure vessels, 2001.

**BARRETO, J.** Análise de falhas no processo logístico devido a falta de um controle de qualidade, Revista Produção online, ISSN 1676 - 1901 / Vol. 5/ Num. 2/ Junho de 2005.

**CAMPOS, V. F.** TQC: Controle da qualidade total (estilo japonês). Rio de Janeiro, Bloch editores, 2004.

**COSTA, M. J.** Applying Six Sigma to Business Process Excellence, BP Trends Review, p.163-171, 2005.

**DAVENPORT, T.; SHORT, J.** The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign, Sloan Management Review, summer, Vo. 31. pp. 11-27, 1990.

**FUZARO R.** Do you need a Business Process Department, BP Trends review, v.12, n.3, p. 451-457, 2008.

**GEORGE, M. L.** *Lean six sigma: combining six sigma quality with lean speed*, McGraw-Hill Company, Inc. Madison, USA, 2002

**HAMMER, M.** Reengineering Work: don't automate, obliterate. Harvard Business Review, v.22, n3, p.-263-272, 1999.

**HAMPSON, I.** Lean production and the Toyota production system - Or, the case of the forgotten production concepts." Economic and Industrial Democracy review, v.16, n.4, p. 264-279, 1999.

**HEINECK, R.L.** Modelos de produção enxuta destinados a viabilização de vantagens competitivas. Encontro nacional de engenharia de produção (ENEGEP), Salvador, p.7-14, 2001.

**Lean Institute Brasil.** Disponível em: <<http://www.lean.org.br/>>. Acesso em: 08/02/2009



28 · 29 · 30  
de OUTUBRO

**XII SEGET**  
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
TEMA 2015  
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



- MUNDELL, M.E.** Improving Productivity and Effectiveness. Prentice-Hall, Inc. 1983.
- MURILO, R. C.** A Informação como Fator Motivacional de Equipes, Revista EUAX, v.3, n.2, p.17-26, 2003.
- NAVE, D.** Como comparar o seis sigma, o *Lean* e a teoria das restrições. Disponível em <[www.setecnet.com.br/artigos/leanseissigma.pdf](http://www.setecnet.com.br/artigos/leanseissigma.pdf)>. Acesso em 19/06/2009.
- NAZARENO, R.R.** Implantando técnicas e conceitos da produção enxuta integradas a dimensão de análise de custos. Revista produção, v.6, n.4, p.117-119, 2006.
- PAIM, R.** As tarefas para gestão de processos– Tese (doutorado em engenharia de produção) Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.227p
- PORTER, M. E.** Vantagem competitiva, Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1991.
- QUELHAS, O. ET AL.** Planejamento e controle da produção. Rio de Janeiro, Ed. Elsevier, Rio de Janeiro 2008.
- RAMOS, E. F.** Utilização da FMEA para Gestão de Riscos em Projetos de Desenvolvimento de Software, Revista EUAX, v.3, n.2, p.46-51 2004
- ROTONDARO, R. G.** Seis Sigma, São Paulo, Ed. Atlas, 2007.
- SAARI, S.** Productivity. Theory and Measurement in Business. Productivity Handbook (In Finnish). MIDO OY Review, p. 512-523, 2006.
- SIQUEIRA, Jairo.** O Modelo de Maturidade de Processos: como maximizar o retorno dos investimentos em melhoria da qualidade e produtividade. IBQN, Brasil, [http://www. ibqn. com. br](http://www.ibqn.com.br), Fevereiro, 2005.