

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Luzia de Fátima Rosa

**MELHORIA DA QUALIDADE DAS VIGAS DE CONCRETO
PRÉ MOLDADAS EM UMA OBRA DA CONSTRUÇÃO CIVIL
UTILIZANDO SEIS SIGMA**

Taubaté – SP

2017

Luzia de Fátima Rosa

**MELHORIA DA QUALIDADE DAS VIGAS DE CONCRETO
PRÉ MOLDADAS EM UMA OBRA DA CONSTRUÇÃO CIVIL
UTILIZANDO SEIS SIGMA**

Monografia de Pós-Graduação em Engenharia da
Qualidade *Lean Seis Sigma Green Belt*, apresentada no
Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de
Taubaté.

Orientador: Prof. Álvaro Azevedo Cardoso, PhD.

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Álvaro Azevedo Cardoso, PhD.

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Esp. Juliana de Lima Furtado, BB

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais (in memoriam) que embora não os tenham perto de mim, sinto a presença constante e admiração.

A toda minha família e aos meus amigos pelo apoio e incentivo.

AGRADECIMENTO

Primeiro agradeço a Deus autor de minha vida, sem Ele nada posso, agradeço aos meus familiares e colegas da pós-graduação.

A todos os professores pelo ensinamento adquirido, em especial ao meu orientador Professor Álvaro Azevedo Cardoso, PhD, pela dedicação, sabedoria e paciência na orientação deste trabalho.

A todos, muito obrigada.

RESUMO

Objetivo: obter eficácia na execução de Vigas Pré Moldadas em Concreto a fim de não haver perdas devido à baixa resistência a compressão. **Para alcançar os resultados desejados:** foi criada uma equipe composta do Green Belt, Champion do Projeto (Engenheiro de Produção), e o Dono do Processo (Encarregado de Laboratório). Foi aplicado a Ferramenta DMAIC, na fase definir: foi classificado o projeto, o desdobramento do problema, definido o CTC (requisito do cliente), o COPQ (Custo da Falta da Qualidade), foi definido o problema, o escopo de trabalho e o objetivo, foi identificado também nesta fase, o Mapeamento do Processo. Na fase controlar: foi elaborado a Matriz de Causa e Efeito para identificar as causas de Alto impacto no processo, foi elaborado o diagrama de Causa e Efeito para identificar onde está o problema, se está na Metodologia, Mão de obra, Medição, Máquina, Meio ambiente ou Material e foi elaborado também o Gráfico de Pareto. Na fase analisar: foi identificado as falhas no processo. Na fase implementar: foi implementado várias ações de controle para evitar futuras ocorrências. Na fase controlar, foram implementadas várias medidas para controlar a implementação das ações propostas através da Ferramenta DMAIC. **Como resultado** da aplicação da ferramenta Seis Sigma, observamos que não houve mais problemas relacionado com a baixa resistência à compressão das Vigas Pré Moldadas utilizadas no Viaduto, **reduzindo de 17% de rejeição a 0% de rejeição**. Ou seja, a empresa teve um ganho bem expressivo deixando de gastar com custo gerados pela falta da qualidade. **Conclusão:** a aplicação da ferramenta Seis Sigma foi um sucesso permitiu a empresa identificar claramente os processos, recursos e as causas do problema atuando rapidamente para a solução. Obtendo assim, **100%** de rendimento na fabricação das Vigas Pré Moldadas.

Palavras-chave: Qualidade; Construção Enxuta; Seis Sigma; Ferramentas; Construção Civil

SUMMARY

This work **has the objective** of obtaining efficiency in the execution of precast concrete beams in order to avoid losses due to the low compressive strength. **To obtain the desired results**, we first created a team composed of the Green Belt, Champion of the Project (Production Engineer), and the Owner of the Process (in charge of the Laboratory). The DMAIC Tool was applied in the Define phase: the project was classified, problem deployment, CTC (customer requirement), COPQ (Cost of Lack of Quality) was defined, the problem was defined, the scope of work and the process mapping was also identified at this stage. In the Control phase: The Cause and Effect Matrix was elaborated to identify the causes of High Impact in the process, the Cause and Effect diagram was developed to identify where the problem is, whether it is in Methodology, Labor, Measurement, Machine, Environment or Material and the Pareto Chart was also prepared. In the Analyze phase: the process failures were identified. In the Implementation phase: several control actions were implemented to avoid future occurrences. In the Control phase, several measures were implemented to control the implementation of the proposed actions through the DMAIC Tool. **As a result** of the application of the DMAIC tool, we observed that there were no more problems related to the low compressive strength of the Preformed Beams used in the Viaduct, reducing from 17% of rejection to 0% of rejection. That is, the company had a very expressive gain leaving to spend with cost of lack of quality. **We conclude** that the application of the DMAIC tool was a success allowed the company to clearly identify the processes, resources and causes of the problem by acting quickly for the solution. Thus achieving 100% yield in the manufacture of Preformed Beams.

Keywords: Quality; Lean Construction; Six Sigma; Tools; Construction

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estrutura Conceitual da Construção Enxuta	22
Figura 2 DMAIC - 6 Sigma	27
Figura 3 Os Passos da Metodologia DMAIC - 6 Sigma	28
Figura 4 Mapeamento do Processo DMAIC - 6 Sigma	28
Figura 5 DMADV - 6 SIGMA	29
Figura 6 Cartão de Kanban	35
Figura 7 Kaizen na Construção - Objetivo	37
Figura 8 Alinhamento Estratégico dos Projetos 6 Sigma.....	39
Figura 9 Hierarquia Seis Sigma	46
Figura 10 Como a ISO 9001 complementa o Seis Sigma	51
Figura 11 Diagrama de Causa e Efeito ou "Espinha de Peixe"	54
Figura 12 Matriz de Causa e Efeito.....	56
Figura 13 Planilha de FMEA	58
Figura 14 Carta de Controle.....	61
Figura 15 Fluxograma DOE.....	62
Figura 16 Gráfico de Pareto.....	66
Figura 17 Gráfico de Dispersão.....	67
Figura 18 Tipos de Gráficos de Dispersão	67
Figura 19 Definição do Problema	71
Figura 20 Fluxograma do Processo	72
Figura 21 Matriz de Causa e Efeito.....	74
Figura 22 Diagrama de Causa e Efeito ("Espinha de peixe")	75
Figura 23 Gráfico de Pareto de Causa	76
Figura 24 DPMO (Defeito por Milhões de Oportunidade)	77
Figura 25 Fotos de Agregados.....	78
Figura 26 Fotos de Corpos de Prova	82
Figura 27 Fotos da Concretagem das Vigas	82
Figura 28 Fotos do Teste de Resistência à Compressão	82
Figura 29 Fotos das Vigas Prontas.....	83

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Justificativa	11
1.2 Objetivos	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Qualidade	13
2.1.1 Os Sete Princípios da Gestão da Qualidade segundo a ISO 9001:2015	15
2.1.2 Qualidade e Melhoria Contínua	17
2.2 Construção Enxuta (Lean Construction)	18
2.2.1 Aplicação dos princípios da construção enxuta	22
2.2.2 Melhoria Contínua	23
2.3 Seis Sigma	23
2.3.1 Definição de Seis Sigma	25
2.3.2 Qualidade e Finanças, a chave do Sucesso Estratégico do Seis Sigma	26
2.3.3 Metodologias do Seis Sigma	26
2.3.4 Implantação do Lean e suas ferramentas	30
2.3.5 Conceito de Desperdício	31
2.3.6 Planejamento Estratégico	32
2.3.7 Treinamento	33
2.3.8. Mapeamento do Fluxo de Valor	33
2.3.9 Organização do Local de Trabalho	34
2.3.10 Aproximações dos Processos – Majime	34
2.3.11 O Kanban	34
2.3.12 Kaizen	37
2.3.13 Vantagens e Desvantagens da Metodologia 6 Sigma	38
2.3.14 Perspectiva Estratégica do Seis Sigma	39
2.3.15 Lean Seis Sigma	40
2.3.16 Benefícios do Programa Seis Sigma	41
2.3.17 Papéis Requeridos na Implementação do Seis Sigma	41
2.3.18 Caracterização dos Projetos Seis Sigma	42
2.3.19 A Equipe Seis Sigma	44
2.3.20 Fatores Críticos de Sucesso e Foco	46

2.3.21 As Principais Dificuldades e Facilidades na Implementação do Seis Sigma	48
2.3.22 Como Complementar a ISO 9001 com o Seis Sigma	49
2.3.23 Como o Seis Sigma Complementa a ISO 9001	49
2.4. Ferramentas Seis Sigma	52
2.4.1 Desdobramento da Função Qualidade (QFD – Quality Function Deployment)	53
2.4.2 Diagrama de “Espinha de Peixe” (Fishbone)	53
2.4.3 Matriz de Causa e Efeito (C&E)	55
2.4.4 Análise do Modo e Efeito Potencial de Falhas (FMEA)	56
2.4.5 Teste de Hipóteses	58
2.4.6 Carta de Controle	60
2.4.7 Delineamento de Experimento (DOE)	61
2.4.8 Benchmarking	63
2.4.9 Gráfico de Pareto	64
2.4.10 Gráfico de Dispersão	66
2.5 Construção Civil	68
3 METODOLOGIA	70
4 RESULTADOS	71
4.1 Definir:	71
4.2 Medir:	74
4.3 Analisar	77
4.4 Implementar:	79
4.5 Controlar:	81
5 CONCLUSÃO	84
6 REFERÊNCIAS	85

1. INTRODUÇÃO

Dentro do contexto de competitividade no qual o mundo está inserido atualmente, todos os segmentos corporativos buscam diversas formas e soluções para aumentarem o seu diferencial no que tange a qualidade. Assim sendo, surgem variados conceitos e métodos para propor soluções de problemas e para a redução de desperdícios.

O que antes era apenas um conjunto de ferramentas para controle da qualidade, passou a ser, nos dias atuais uma poderosa ferramenta que se intitulou “Seis Sigma”. Esta ferramenta da qualidade tem proporcionado uma redução nas causas de desperdícios em muitas empresas e, de todos os segmentos de mercado.

O Seis Sigma já provou ser eficiente para a solução de diversos tipos de problemas, desde aqueles aparentemente mais simples e de fácil constatação até aqueles que exigem uma análise mais trabalhosa.

Dentro das necessidades de melhorias contínuas exigidas pelo atual mercado da construção civil, mais do que nunca este segmento vem empregando métodos, conceitos e técnicas que, inicialmente eram de uso exclusivo das empresas de manufatura em seus canteiros de obras, com o intuito de alcançar a almejada qualidade em seus empreendimentos. Uma dessas ferramentas de qualidade são os sistemas de planejamento e controle da produção Seis Sigma (ASSUMPÇÃO, 2006).

Dentro desta nova concepção de qualidade voltada para a construção civil, surge o termo “Construção Enxuta” ou *Lean Construction*. Este termo vem sendo utilizado desde 1993, pelo *Internacional Group for Lean Construction*, para conceituar a aplicação de táticas do sistema de Produção Enxuta no setor da construção civil. Entende-se produção enxuta como sendo um termo genérico para definir o Sistema Toyota de Produção, o qual se baseia no *Total Quality Management e Just in Time* (ALVES; MILBERG; WALSH, 2012).

Percebe-se que ao longo dos anos, a maior preocupação dos gestores esteve relacionada aos aspectos técnicos, não se dando a devida importância aos desperdícios, prazos e retrabalhos. Os investimentos sempre foram aplicados na área técnica e esquecendo-se de outras frentes que aparentemente não impulsionavam a produção.

Diante do enorme crescimento do mercado da construção civil, as médias e grandes empresas tentam se modernizar para se manter competitivas no cenário atual do mercado. Segundo o conceito da construção enxuta, deve-se desenvolver o ciclo da melhoria contínua nos canteiros de obra, nos projetos, agilizando assim os processos construtivos e reduzindo os desperdícios, não podendo ser confundido unicamente com redução de custos. Poderá haver momentos que se investirá mais em um setor, se promoverá a redução de custos em outros, na intenção de melhorar a qualidade de modo que atenda as expectativas finais do cliente.

Visto que a construção enxuta possui três objetivos principais, que são: a entrega do produto, a maximização do valor e a redução do desperdício, propõe-se com sua aplicação em obras, obter-se uma melhor organização do processo, eliminando a mão de obra ociosa e otimizando os recursos disponíveis.

Dentro do conceito de organização de processo e planejamento e de qualidade com a aplicação do Seis Sigma, surgem figuras fundamentais para sua aplicação, os *Green Belts*, cujo papel é a organização e o desenvolvimento dos projetos. Os *Green Belts* ou faixas verdes são colaboradores em diferentes partes da organização que aplicam o seis sigma no seu dia-a-dia, e sua formação envolve um treinamento um pouco menos intensivo que o dos *Black Belts*¹, mesmo assim são líderes de projetos (HARRY e SCHROEDER, 2000).

1.1 Justificativa

Este trabalho apresenta como tema Melhoria da Qualidade das Vigas de Concreto Pré Moldadas em uma obra da construção civil aplicando a Ferramenta Seis Sigma para atingir este objetivo, vamos aplicar a Ferramenta DMAIC para atingir a resistência especificada no projeto.

Através da aplicação da ferramenta a empresa poderá ter acesso às variáveis críticas do processo e desta forma controlar melhor os elementos utilizados na concretagem das vigas.

O trabalho pretende comprovar que é possível aplicar as ferramentas da qualidade também no setor da construção civil e a importância das ferramentas para a competitividade deste setor.

¹ **Black Belts** - os **Master Black Belts** são indivíduos selecionados pela empresa para atuarem como especialistas nos conceitos e ferramentas do seis sigma, coordenando a seleção de projetos e treinamentos. Desempenham o papel de treinadores ou de consultor interno para os projetos e dão suporte técnico a todos os envolvidos nos projetos quando necessário.

1.2 Objetivos

Os objetivos deste trabalho são:

- a) Demonstrar os benefícios da ferramenta *Seis Sigma* dentro deste setor da construção civil;
- b) Obter eficácia na execução de vigas pré-moldadas em concreto;
- c) Reduzir as perdas devido à baixa resistência à compressão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Se uma definição é um ponto de partida necessário para a discussão de qualquer assunto, é igualmente necessário passar além dela, desenvolvendo e completando a afirmação inicial. Desta forma, para melhor compreensão do que se propõe este trabalho, é apresentada, a seguir, uma visão geral dos conceitos de *Lean Manufacturing*, produção enxuta e construção enxuta, a função dos *Green Belts na aplicabilidade dos princípios Seis Sigma* de melhoria de desempenho na Construção Civil.

2.1 Qualidade

Segundo Laugeni e Martins (2005, p.498) “*o conceito de que a qualidade é importante surge em 1970, com o renascimento da indústria japonesa que, seguindo os preceitos do consultor americano W.E.Deming², faz da qualidade uma arma para a vantagem competitiva*”.

Em 1980 os japoneses fabricantes de automóveis passaram a ser os maiores concorrentes dos americanos na fabricação e venda de veículos, trazendo com isso grandes dificuldades para os outros países do mundo.

Os itens como: alta qualidade aliada a preços competitivos e excelentes serviços de pós-venda fizeram com que os japoneses conseguissem uma parcela considerável do mercado de produtos. Isso é decorrência do alto nível de qualidade conseguido por eles, fato este que é inegável, visto que não há como sobreviver num mercado sem que haja qualidade (CHIAVENATO, 2010, p. 112).

Atualmente, as empresas estão destacando com maior ênfase o termo Qualidade, visto que, o pensamento atual dos gestores é de que a qualidade não é mais responsabilidade de um setor ou indivíduo, e sim, ela está totalmente descentralizada e delegada a execução. Ou seja, os funcionários são responsáveis, cada qual por sua “ilha” de produção e, com a satisfação dos clientes internos. Esses clientes internos devem ser entendidos pelos outros funcionários aos quais deverá receber o trabalho para dar continuidade no processo produtivo. Em outras

² W.E.Deming é um dos grandes nomes do gerenciamento da qualidade. Seus modelos de gestão da qualidade são amplamente utilizados por indústrias e empresas de diversos setores, hoje em dia

palavras, “cada funcionário tem o seu fornecedor interno – que proporciona o insumo -, e seu cliente interno – que recebe o resultado de seu trabalho” (OLIVEIRA, 2006, p. 289).

Para Chiavenato (2010, p. 234) “*a maneira que cada funcionário utiliza para atingir sua qualidade e, assim satisfazer seu cliente interno, chama-se Cadeia de Qualidade*”, esta agrega grande valor à organização e aos colaboradores, visto que, acaba por se transformar em uma cadeia de valor. Esta cadeia substitui a antiga cadeia escalar que era vertical e, agora, passou a ser horizontal. Ao final, da cadeia de valor está o cliente externo, que se beneficia com a criação de valor e conseqüentemente, com produtos de maior qualidade.

“*O cliente externo é o último consumidor dos bens e serviços produzidos*” segundo Oliveira (2006, p.176). Em cada cargo, cada ocupante é, ao mesmo tempo, um fornecedor para o cargo seguinte e um cliente do cargo anterior. Esta estreita interligação entre fornecedores internos e clientes internos de uma equipe é a base fundamental dos modernos programas de Qualidade Total. Nessa extensa cadeia de valor, cada pessoa busca conhecer e satisfazer as necessidades do cliente interno para que ele possa fazer um trabalho melhor. O maior beneficiário está na ponta final do processo: o cliente externo.

Existem diferentes definições de qualidade. Consideramos como mais relevantes as cinco definições a seguir:

- **Transcendental** – entende-se qualidade como sendo constituída de padrões elevados, universalmente reconhecidos;
- **Focada no produto** – a qualidade é constituída de variáveis e atributos que podem ser medidos e controlados;
- **Focada no usuário** – para Juran, “a qualidade é a adequação ao uso”, mas existe grande dificuldade na conceituação de termos como uso, satisfação, durabilidade e até na identificação clara de usuário ou, cliente do produto.
- **Focada na fabricação** – Essa definição nos leva a buscar melhorias nas técnicas de projeto de produto e de projeto de processos e no estabelecimento de sistemas de normas;
- **Focada no valor** – a qualidade é uma questão de o produto ser adequado ao uso e ao preço. Essa definição tem sido cada vez mais aceita pelo mercado (LAUGENI e MARTINS, 2005).

Por um longo período aliou-se a melhoria da qualidade com os aumentos de custos dos produtos. Foi Deming que ressaltou o contrário, ou seja, que ao aumentar a qualidade proporcionalmente, aumentava-se a produtividade. Porém, esse conceito não ficou muito claro, ou seja, “custos relacionados à qualidade”. Desta forma, alguns especialistas passaram a focar da seguinte forma “os custos eram decorrentes da falta de qualidade” (DEMING, 2004, p. 34).

2.1.1 Os Sete Princípios da Gestão da Qualidade segundo a ISO 9001:2015

Juntamente com a nova versão da **ISO 9001:2015**, vieram algumas alterações para as organizações que possuem ou pretendem implantar essa certificação, algumas dessas alterações foram: a saída do manual da qualidade, saída da ação preventiva, gestão de riscos e, uma das mudanças muito significativas, foram nos “Princípios da Qualidade”. Antes eram 8 Princípios, e na nova versão da ISO 9001:2015, possuem apenas 7 Princípios da Qualidade.

Como esses princípios impactam o **Sistema de Gestão da Qualidade**.

1- Foco no cliente

Quando a gente pensa em Qualidade, sempre virão várias definições e visões distintas. O que muita gente não sabe é que Qualidade não é uma palavra sozinha, ela deve ser acompanhada de uma pergunta: *Qualidade pra quem?* Quando você pensa dessa forma, fica muito mais fácil imaginar o que é Qualidade.

Todo Sistema de Gestão da Qualidade busca intensificar o foco no cliente com o objetivo de aumentar sua satisfação. Isso tem que ficar muito claro para toda empresa em tudo o que ela fizer, nas mínimas atividades. Os colaboradores devem saber da importância que possuem ao realizarem suas atividades, e como isso impacta na satisfação dos clientes. Esse hábito começa a se tornar real quando é conduzido pela liderança, o que nos leva ao próximo princípio.

2- Liderança

É importante entender que liderança não se trata apenas de cargos gerenciais ou de pessoas que estão à frente de equipes, mas é quem toma atitude de liderar mudanças, ações e resultados. Se seus gerentes não lideram a Qualidade, possivelmente seu Sistema de Gestão da Qualidade vai falhar, simplesmente porque eles não trabalharam para engajar as pessoas no seu projeto. Um

exemplo disso é: se um novo colaborador entra na organização e seu líder direto não fala sobre Qualidade, como ele vai saber que a Qualidade é importante na organização?

3- Engajamento das pessoas

Quando você tiver líderes da Qualidade na sua organização, pessoas que conversem sobre o assunto e que em cada atividade e resultado apontem uma relação direta com a Qualidade, ficará mais nítido o porquê ela é importante e tem que funcionar. Imagine que a produção esteja engajada num projeto de aumentar a produtividade. Se ela conseguiu obter o resultado desejado através de práticas da Qualidade, isso será um incentivo para outros departamentos acreditarem que aquilo funciona, e aí você começa a encontrar caminhos para padronizar a Qualidade.

4- Abordagem de processos

A padronização acontece quando você estabelece processos. Como por exemplo: Fazer um lanche na sua casa é fácil, fazer uma rede de lanches pelo mundo garantindo que todos tenham o mesmo sabor, como acontece com algumas redes de fast food mundialmente conhecida é outro desafio. Pessoas engajadas tendem a buscar o entendimento dos processos e o quanto eles podem contribuir para a Qualidade, tornando mais rápida a aderência ao Sistema de Gestão da Qualidade. Depois que você consegue estabelecer processos e fazer com que eles sejam seguidos, você precisa saber se esses são realmente bons e se estão satisfazendo os clientes.

5- Tomada de decisão baseada em evidências

Monitorar e medir os processos é uma atividade que deve ser feita continuamente... por todos! Analisando evidências e números você verá o que está falhando ou o que não está dando o resultado que deveria dar. É muito divertido fazer análises com base em opiniões pessoais, e com certeza, a experiência é muito válida nesse sentido.

6- Melhoria

“O que pode ser medido, pode ser melhorado!” (Peter Drucker)

O que você deve analisar para melhorar? Para quem deve melhorar? É mais fácil analisar a resposta dessas perguntas quando se tem os outros princípios realizados.

Uma das filosofias da Honda é: *“um dos motivos pelos quais nossos clientes estão sempre satisfeitos é porque nós nunca estamos”*. Se você quer que o seu Sistema de Gestão da

Qualidade cumpra o objetivo de satisfazer clientes, você precisa dormir e acordar pensando em melhorar. As melhorias são essenciais para conseguirmos gerir pessoas e processos.

7- Gestão de relacionamentos

Um produto produzido totalmente de acordo com o pedido do cliente e, posteriormente devolvido para ser refeito porque o cliente não disse uma especificação, pode ser considerada uma Não Conformidade? Claro que sim. Houve uma falha no processo de comunicação e na gestão de relacionamento entre os processos. Caso houvesse a interação adequada entre todas as partes interessadas e etapas do processo, não haveria esse problema! Essa é a importância de gerenciarmos os relacionamentos entre processos, pessoas, organizações, etc.

Foco no Cliente tem a ver com liderança. A liderança envolve o engajamento das pessoas, este engajamento aborda todos os processos. Abordar os processos torna possível tomar decisões baseando-se em evidências. Com essas evidências, dá pra melhorar muito! Quando tudo isso estiver acontecendo, você deve se preocupar somente em gerenciar os relacionamentos.

Imagine um tabuleiro em que todas as peças são interligadas e dependem umas das outras para poderem seguir em frente e andar para a “próxima” casa. Então, assim é que o Sistema de Gestão da Qualidade deve funcionar.

2.1.2 Qualidade e Melhoria Contínua

Segundo Oliveira (2006, p.231) é fundamental que cada funcionário busque soluções para o processo de melhoria da qualidade. Tudo que for utilizado para se obter maiores índices de vantagem e melhoria contínua devem ser apoiados, visto que, são pequenas atitudes que geram novos meios e métodos de desempenho e qualidade.

O tópico principal da filosofia da melhoria contínua é *“que cada pessoa nunca deve estar satisfeita com o que faz, mas estar sempre na busca constante do aperfeiçoamento”*. Essa melhoria contínua – o chamado *Kaizen* para os japoneses – é a alma de todo o processo (OLIVEIRA, 2006, p. 234)

Em muitas empresas é utilizado o conceito de Círculo de Qualidade, que consiste em reunir um grupo de pessoas – preferencialmente menos de 10 -, com reuniões regulares onde

são discutidos quais os melhores meios de se atingir produtos e serviços de qualidade. O objetivo principal dessas reuniões é a de conscientizar cada pessoa de sua responsabilidade pela qualidade e, acima de tudo, utilizar todo o potencial criativos dos membros para se realizar este intuito. Esse processo tem como benefício, o fortalecimento das equipes de trabalho, há este processo é dado o nome de “*empowerment*” – este processo gera normalmente uma economia de custos da qualidade e uma maior satisfação do cliente, e porque não dizer, um maior comprometimento de todos os envolvidos no processo produtivo e, também uma elevação da moral do colaborador (CERQUEIRA NETO, 2001).

Os especialistas enfocam como custos da qualidade “os custos decorrentes da falta de qualidade”, sendo esse o conceito que adotaremos nesse estudo. Os custos da qualidade são classificados em: de prevenção; avaliação; falhas internas e falhas externas.

2.2 Construção Enxuta (*Lean Construction*)

A indústria da Construção Civil, em particular, não está imune as novas exigências do mercado no que tange a qualidade, eficiência, retrabalhos, desperdícios e, por isso, urge introduzir novas filosofias de gestão que conduzam a uma alteração de comportamento e, conseqüentemente, de resultados (KEVIN e KEIFF, 2010), pois, apesar de se assistir a novos avanços tecnológicos e as novas formas organizacionais e de pensamentos estratégicos, os empreendimentos da construção civil, em sua maioria, continuam a utilizar o obsoleto método de produção em massa instituído por Henry Ford no início do século XX. As causas dos problemas existentes nos processos produtivos raramente são investigadas, vivendo esta empresa de sucessivos “remendos” no lugar de se realizar uma “cura” definitiva sempre com foco na satisfação do cliente.

O segmento da construção civil possui características estruturais bem diferenciadas dos demais setores da economia, principalmente, no que diz respeito à sua função produção. Messeguer (2001) destaca as seguintes características deste setor:

- Pode-se dizer que este setor possui um caráter nômade, com produtos únicos e não seriados. Sua produção é centralizada (operários móveis em torno de um produto fixo);
- Indústria tradicional, com grande inércia às alterações;

- Sua mão-de-obra é intensiva e pouco qualificada, em sua maioria, o emprego destas pessoas tem caráter eventual e possui poucas possibilidades de promoção, o que gera baixa motivação no trabalho;
- Seu trabalho (a construção), de maneira geral, é realizado a céu aberto;
- Seu produto é único, ou quase único, na vida do cliente final;
- São empregadas especificações complexas e às vezes confusas;
- As responsabilidades são dispersas e pouco definidas dentro da empresa;
- O grau de precisão com que seu trabalho é, em geral, menor do que em outros segmentos, como por exemplo, parâmetros relativos ao orçamento, prazos e conformidade.

Ressalta-se ainda que, além das características diferenciadas desta cadeia produtiva na qual a construção está inserida, o setor da construção civil é muito complexo e heterogêneo, pois possui uma grande diversidade de agentes intervenientes e de produtos, com diversos graus de industrialização (BARROS NETO, 2002).

O gerenciamento praticado pela indústria da construção recebe algumas críticas por parte de Koskela (1992), que afirma ser uma atividade de conversão orientada, e de que seus métodos de gestão violam os princípios de fluxo e melhoria e, como consequência, é considerado um segmento onde o desperdício é algo invisível em termos totais.

A Nova Filosofia de Produção na Construção Civil ou *Lean Construction* passa a ser uma teoria sobre o gerenciamento da construção. Apesar da complexidade deste tema, as inovações propostas por esta filosofia podem ser resumidas em três pontos principais (KOSKELA, 1992).

- Abandono do conceito de processos, como transformação de inputs em outputs;
- Análise do processo de produção através de um sistema de dois eixos ortogonais: um representando o fluxo de materiais (processo) e outro, o fluxo de operário (operação);
- Considerando o valor agregado sob o ponto de vista dos clientes internos e externos, tendo como consequência a reformulação do conceito de perdas, que passa a incluir, também, as atividades que não agregam valor ao produto, como transporte, estoque, espera, inspeção e retrabalho.

Embora esta filosofia de produção ser pouco utilizada pelo segmento da construção civil, ela se apresenta como uma solução adequada para os problemas do setor. Isto devido à sua característica de baixa utilização de tecnologias de hardware e software, máquinas, sistemas computacionais de gestão ou de automação, que são substituídas por soluções tecnológicas mais simples, baseadas no envolvimento da mão-de-obra (HEINECK e MACHADO, 2001).

A necessidade de se difundir, discutir, consolidar e amadurecer esta filosofia para a construção civil levou vários autores, a partir do trabalho de Koskela (1992), a contribuir no sentido de melhorar e definir esta filosofia de produção.

A *Lean Construction* ou Construção Enxuta, possui dois focos que a distinguem do gerenciamento tradicional implementado pela construção. O primeiro refere-se as perdas e sua redução, o tempo e dinheiro perdidos, quando materiais e informações são imperfeitos e ineficientes. O outro foco é no gerenciamento dos fluxos, e coloca em evidência o sistema de gerenciamento de processos, juntamente com o processo de produção (BALLARD e HOWELL, 2006).

Uma das dificuldades apontadas por Hirota (2000) para a implantação da *Lean Construction* ou *Construção Enxuta*, refere-se ao processo de comunicação da filosofia. Visto que os itens fundamentais nesta filosofia assumem significados diferentes, tais como fluxo, perdas, processo, operação, transparência ou eficácia. Onde, a palavra fluxo, por exemplo, pode passar uma ideia positiva, na prática atual da construção, na medida em que a ênfase na produtividade e na conversão faz com que a conduta do gerente seja de evitar ao máximo as horas paradas. A movimentação no canteiro e a existência de estoques de materiais são indicativos de que o processo está em desenvolvimento. E, na produção enxuta, “fluxo” é uma palavra vinculada a um problema: a existência de atividades de inspeção, espera e transporte, que devem ser eliminadas ou reduzidas ao mínimo porque não agregam valor ao produto.

O maior desafio para alguns pesquisadores e profissionais da construção, está em adaptar os conceitos e princípios da produção enxuta, para a aplicação na indústria da construção, buscando, assim, um melhor desempenho em seu processo de produção (HEINECK et al., 2004).

A prática da Construção Enxuta é baseada, basicamente, nas evidências empíricas, ou seja, na competitividade das empresas, nas formas de redução dos prazos, custos e aumento da qualidade, dentre outras (SANCHES; PÉRES, 2001). No entanto, embora a implantação dos

conceitos da Construção Enxuta tenha como objetivo o aumento da competitividade das empresas, isto pode não ocorrer imediatamente, mas fatores como o tipo de empresa, do produto e do método empregado podem influenciar os resultados (LORENZON, 2008).

Tanto a filosofia da Manufatura Enxuta quanto a da Construção Enxuta, consistem de ações gerenciais que resultam na redução da interdependência entre atividades e possibilitam a determinação do andamento de uma produção e na manutenção da organização e visibilidade do processo. Desta forma, considera-se que existe, uma interface na filosofia do Sistema Toyota de Produção e a Construção Enxuta (SANTOS, 2009).

Segundo Koskela (1992) um dos princípios fundamentais da Construção Enxuta, é a eficiência dos processos, que pode ser melhorada e as suas perdas reduzidas não só através da melhoria da eficiência das atividades de conversão e de fluxo, mas também pela eliminação de algumas das atividades de fluxo. Por exemplo, pode-se melhorar a eficiência de um determinado processo não só através da melhoria da eficiência das atividades de transporte de materiais, mas principalmente através da eliminação de algumas destas atividades.

Percebe-se que dentro da comunidade da construção enxuta atualmente, há certa compreensão da complexidade deste segmento e da dependência mútua de seus participantes. Novas ideias, apresentadas na Figura 1, a seguir, foram incorporadas ao desenvolvimento e à aplicação de suas técnicas e de aspectos humanos da construção enxuta (JOHANSEN e WALTER, 2007).



Figura 1 Estrutura Conceitual da Construção Enxuta

Fonte: Johansen e Walter, 2007

De acordo com Santos e Farias Filho (2008) quando se utiliza a filosofia da construção enxuta dentro de uma empresa de construção, quer dizer que se transfere o máximo de tarefas e responsabilidades para os operários, as pessoas que realmente iram agregar valor ao produto.

2.2.1 Aplicação dos princípios da construção enxuta

Constatam Santos (2009) e Bernardes (2003) que a aplicação de algumas das ferramentas *lean*, em canteiros de obras, apresenta-se de maneira isolada e fragmentada, mas argumentam que estas iniciativas são passos importantes na disseminação do uso de técnicas da Construção Enxuta, em canteiro de obra, porém a implementação destes conceitos, de maneira integrada, aumenta o escopo de ação, certamente, trará resultados mais relevantes.

A elaboração do arranjo físico do canteiro de obras minimiza distâncias entre os locais de descarga de materiais e seu respectivo local de aplicação, e, podem reduzir a parcela das atividades de movimentação. Assim como a utilização do processo de planejamento e controle da produção facilita a implementação deste princípio da Lean Construction, à medida que busca

a redução das atividades de movimentação, inspeção e espera, bem como aquelas atividades que consomem tempo, mas não agregam valor ao cliente final (BERNARDES 2003).

2.2.2 Melhoria Contínua

Para Koskela (1992), os esforços para a redução do desperdício e do aumento do valor do produto devem ocorrer de maneira contínua na empresa. O princípio de melhoria contínua pode ser alcançado na medida em que as demais vão sendo cumpridos.

O trabalho em equipe e a gestão participativa constituem os requisitos essenciais para introdução de melhoria contínua no processo.

O princípio de melhoria contínua pode ser implementado através do processo de planejamento e controle da produção na medida em que são analisadas as decisões tomadas, para a correção de desvios oriundos da coleta de dados do plano de curto prazo (BERNARDES, 2003).

2.3 Seis Sigma

Segundo Miguel (2002) a competição pelo ganho de mercado e o foco no atendimento às necessidades dos clientes provocou, na segunda metade do último século, mudanças na postura gerencial de um número expressivo de empresas. Este movimento teve início no Japão entre final da década de quarenta e início da década de sessenta.

A partir dos anos setenta, houve a popularização das técnicas japonesas no ocidente. Este movimento movimentou empresas de vários segmentos econômicos ao redor do mundo. O Brasil possui mais de 25 mil certificações de qualidade, é o país com maior número de empresas com ISO 9001³ da América do Sul (DIÁRIO COMÉRCIO INDÚSTRIA E SERVIÇOS, 2015).

³ ISO 9001 – norma que contém requisitos que, se cumpridos, aumentam a probabilidade de que processos produtivos e administrativos atinjam um padrão almejado de qualidade.

Segundo Werkema (2006, p.112) o conceito de Seis Sigma é “*estabelecer uma métrica universal para medir defeitos em um processo. Quanto mais alto o sigma é uma indicação de melhores produtos e baixos valores de sigma significam produtos ruins*”.

Para Wilson (2009), “o Seis Sigma é um nível otimizado de desempenho que se aproxima o zero defeito em um processo de confecção de um produto, serviço ou transação”. Ele indica a obtenção e a produção de um desempenho de alto nível.

Produtos produzidos com Seis Sigma têm um nível de qualidade livre de defeitos, por definição. Na prática, é considerado Seis Sigma processos que produzem apenas 3,4 defeitos por milhão de oportunidades. Por essa razão, o Seis Sigma é reconhecido por indicar um padrão de excelência de produtos e serviços.

O Programa Seis Sigma, segundo Rodrigues (2006), começou a ser delineado quando Bill Smith, engenheiro da Motorola (empresa americana de produtos eletrônicos), estudou a correlação entre os defeitos dos produtos, em função de deficiências nos processos de manufatura, e as falhas identificadas nos processos dos clientes. Estruturou-se, assim, em 1987, um método para a Motorola buscar, como limite para a tolerância dos processos, seis desvios-padrão (Seis Sigma), em relação ao valor central estabelecido.

Contudo, a elaboração da metodologia, ou a criação da estratégia, ocorreu de fato quando se desenvolveu na Motorola estudos sobre os conceitos de Deming, guru da qualidade, a respeito da variabilidade dos processos. Bill Smith começou orientando a empresa no estudo da variabilidade como forma de melhorar o desempenho dos processos, mostrando que essas variações, quando medidas estatisticamente, demonstram o desvio-padrão da distribuição. Essa abordagem tornou-se o ponto de foco do esforço de qualidade da Motorola. Com o apoio do presidente da empresa, essa concepção passou a ser a forma de fazer negócios da organização.

Para Pande (2002), o que o Seis Sigma ofereceu à Motorola – apesar de hoje envolver muito mais – foi uma maneira simples e consistente de acompanhamento do desempenho da empresa e sua comparação com as exigências do cliente, que seria a própria medida Sigma. Por outro lado, estabeleceu uma meta ambiciosa de qualidade, praticamente perfeita, que seria o objetivo do Seis Sigma.

O enfoque sobre a análise da variação em todas as atividades das empresas a direcionou para a ênfase no conceito de melhoria contínua, e a Motorola passou a adotar uma

meta de Seis Sigma em todas as suas ações, o que equivaleria à perfeição quase que total, uma vez que se trata de um processo de produção com apenas 3,4 defeitos por milhão de oportunidades, considerando cada defeito uma oportunidade de melhoria.

“O Seis Sigma é uma medida de qualidade e eficiência, mas, além disso, é uma medida de excelência”. Por isso, para Perez-Wilson (1999, p.161), adotar o programa Seis Sigma significa ter um foco comum na excelência em toda a organização.

Para Pande (2002), diversos são os motivos que podem ser considerados quando a organização decide fazer a implantação da estratégia Seis Sigma em sua estrutura. O Seis Sigma:

- Gera o sucesso sustentado;
- Determina uma meta de desempenho para todos;
- Intensifica o valor para os clientes;
- Acelera a taxa de melhoria;
- Promove aprendizagem e polinização cruzadas;
- Executa mudanças estratégicas.

A aplicação do Seis Sigma foi realizada na General Eletric e em outras empresas, predominantemente industriais, e confirmou os excelentes resultados já obtidos na Motorola.

Apesar de ter sido originalmente criado para o meio industrial, o Seis Sigma e suas ferramentas, segundo George (2003), podem ser também utilizados no segmento de serviços. Nos últimos anos, a aplicação para o setor de serviços tem sido cada vez mais difundida, já tendo apresentado excelentes resultados em diversas empresas atuantes no setor.

Hoje, veem-se centenas de projetos Seis Sigma em andamento nas organizações ao redor do mundo, incluindo o desenvolvimento de novos produtos com maior rapidez de comunicação e resposta imediata ao cliente, entre outros benefícios (PANDE, 2002).

2.3.1 Definição de Seis Sigma

O Seis Sigma cresceu além do controle de defeitos. Pode ser definido como uma metodologia para gerenciar variações nos processos que causam defeitos, definidos como um desvio inaceitável da média, ou objetivo; e para trabalhar de forma sistêmica na gestão dos

desvios para eliminar estes defeitos. O objetivo de Seis Sigma é oferecer performance de classe mundial, confiabilidade e valor para o cliente final (ROTONDARO, 2002).

2.3.2 Qualidade e Finanças, a chave do Sucesso Estratégico do Seis Sigma

Segundo o guia de Seis Sigma (2001 – 2004), *Total Quality Management*, PDCA (*Plan, Do, Check and Action*), Seis Sigma, enfim, deve ter todas as metodologias de qualidade focadas na eliminação de defeitos em suas causas raízes, porém se tudo isso não levar a um benefício financeiro, dificilmente vale a pena sustentar tais atividades.

A metodologia Seis Sigma, em particular, enfatiza os resultados financeiros de um projeto. Isso possibilita que os funcionários possam participar mais do processo, pois estes conseguem visualizar onde seus esforços surtem efeitos de fato.

A seleção de projetos é um ponto importante da metodologia Seis Sigma. A seleção correta de um projeto de melhoria pode ser extremamente significativa no negócio, uma vez que seu processo pode tornar-se mais eficiente em um horizonte de tempo de três a seis meses. Conseqüentemente, seus funcionários ficarão satisfeitos em ver resultados financeiros advindos destes esforços. A atividade de seleção de projeto se baseia no DMAIC (*Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar*), uma das metodologias que compõem o Seis Sigma, e será explicada adiante.

Um dos maiores problemas do Seis Sigma é o fato de que muitas organizações não têm compreensão da metodologia fazendo com que os conceitos envolvidos sejam transmitidos de forma errônea, prejudicando a organização. A seguir descrevemos a metodologia do Seis Sigma.

2.3.3 Metodologias do Seis Sigma

Segundo Werkema (2004) a metodologia 6 Sigma deve ser utilizada quando um produto ou processo já existe dentro da organização, porém, este ou não atende as especificações dos clientes, ou não apresenta o desempenho adequado. Em alguns negócios apenas quatro de suas cinco fases são utilizadas, pois as considerações para definição são consideradas pré-trabalhadas ou incluídas na fase de medição.

Projetos 6 Sigma seguem duas metodologias chave inspiradas pelo PDCA (Plan-Do-Check-Action) de Edwards Deming. Estas metodologias, compostas de cinco fases cada, são chamadas pelos acrônimos DMAIC e DMADV, onde: **DMAIC** – é usado para melhorar um processo de negócios existentes, e, o **DMADV**- é usado para criar um novo design de produto ou processo de forma a obter uma performance mais previsível, madura e livre de defeitos.

O Seis Sigma utiliza ferramentas e métodos estatísticos para definir, medir, analisar, melhorar e controlar os processos e ou produtos, com a finalidade de reduzir ou eliminar perdas em um ciclo de melhoria contínua (ROTONDARO, 2002).

O DMAIC (definição, medição, análise, implantação e controle) é uma metodologia de qualidade baseada em dados para melhoria de processos e como orientação para aprimorar processos comerciais e cortar custos. Esta é a metodologia mais característica do Seis Sigma.

Conforme Bertels (2003), a implantação dos Seis Sigma pode ser feita por meio de diversas ferramentas estatísticas e de análise que são aplicadas dentro de um mesmo modelo, conhecido como DMAIC, conforme ilustrado na Figura 2.

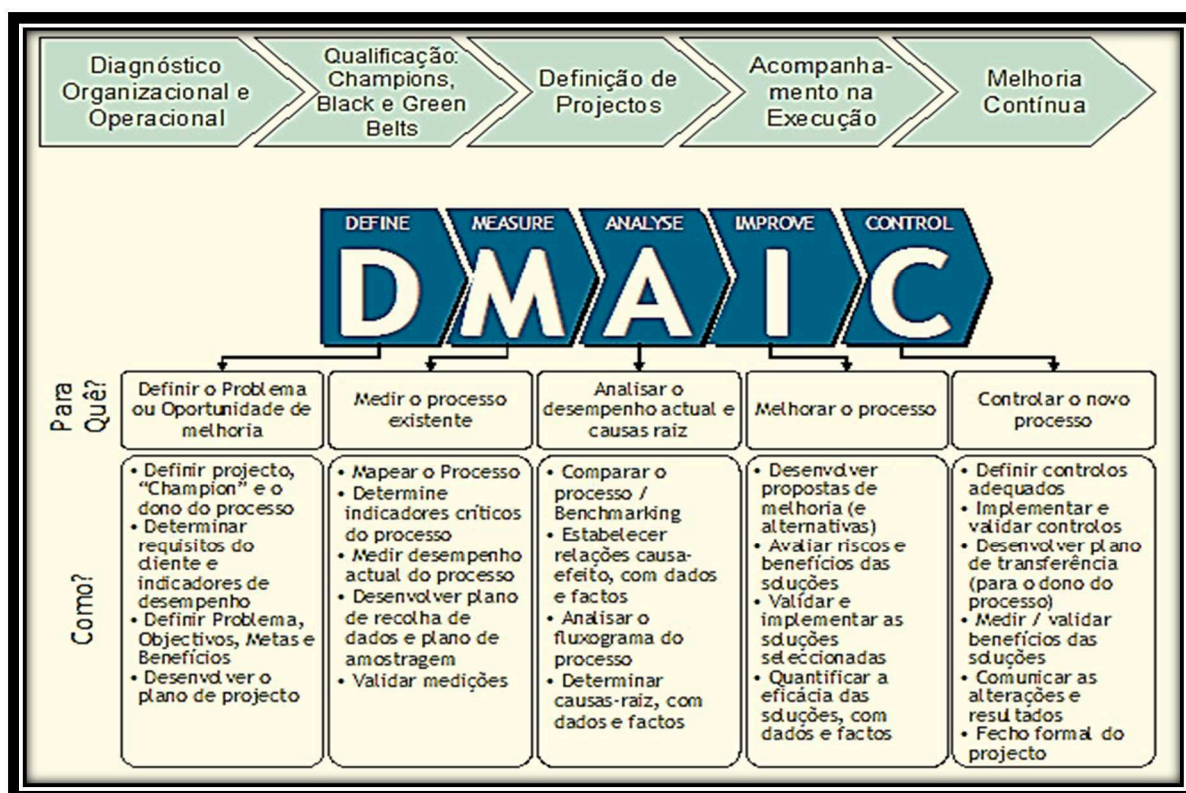


Figura 2 DMAIC - 6 Sigma

Fonte: BERTELS, 2003

Uma vez sendo identificado o processo a ser melhorado diz-se que está identificado um Projeto 6 Sigma. Deve ser verificada a viabilidade econômica do projeto e fazer uma previsão dos benefícios (financeiro inclusive), que podem ser alcançados (ROTONDARO, 2002). As fases (ou passos) são descritos na Figura 3 e Figura 4.

<i>Definir</i>	1.	<i>Expectativas do cliente quanto ao processo?</i>
<i>Medir</i>	2.	<i>Qual a frequência de defeitos?</i>
<i>Analisar</i>	3.	<i>Por que, quando e onde os defeitos ocorrem?</i>
<i>Melhorar</i>	4.	<i>Como consertar o processo?</i>
<i>Controlar</i>	5.	<i>Como manter o processo consertado?</i>

Figura 3 Os Passos da Metodologia DMAIC - 6 Sigma

Fonte: Rotondaro, 2002, p. 45

Mapeando o processo: Análise detalhada do processo		
- Decida o ponto inicial e o ponto final de todo o processo e extraia o problema principal listando todo o processo.		
Símbolo		
Símbolo	Significado	Quando usar
	Início / Fim	<i>Considerado do lado do cliente</i>
	Atividade	<i>Preencha em forma de verbo ou frase</i>
	Tomada de decisão/ julgamento	<i>Defina a atividade em sim/não precisamente</i>
	Direção do fluxo	

Figura 4 Mapeamento do Processo DMAIC - 6 Sigma

Fonte: Rotondaro, 2002, p. 45

Segundo Werkema (2006) o DMADV é um meio extremamente eficaz para criar um novo produto ou um novo design de processo. É uma metodologia previsível com metas para o seu design de processos livres de defeitos. Em outras palavras, o DMADV é a metodologia utilizada para garantir em termos simples, que se faça a coisa certa pela primeira vez como foi projetado. Há cinco etapas do processo DMADV, eles incluem: Definir, Medir, analisar, detalhar o design e Verificar. Figura 5, a seguir demonstra as etapas do DMADV.

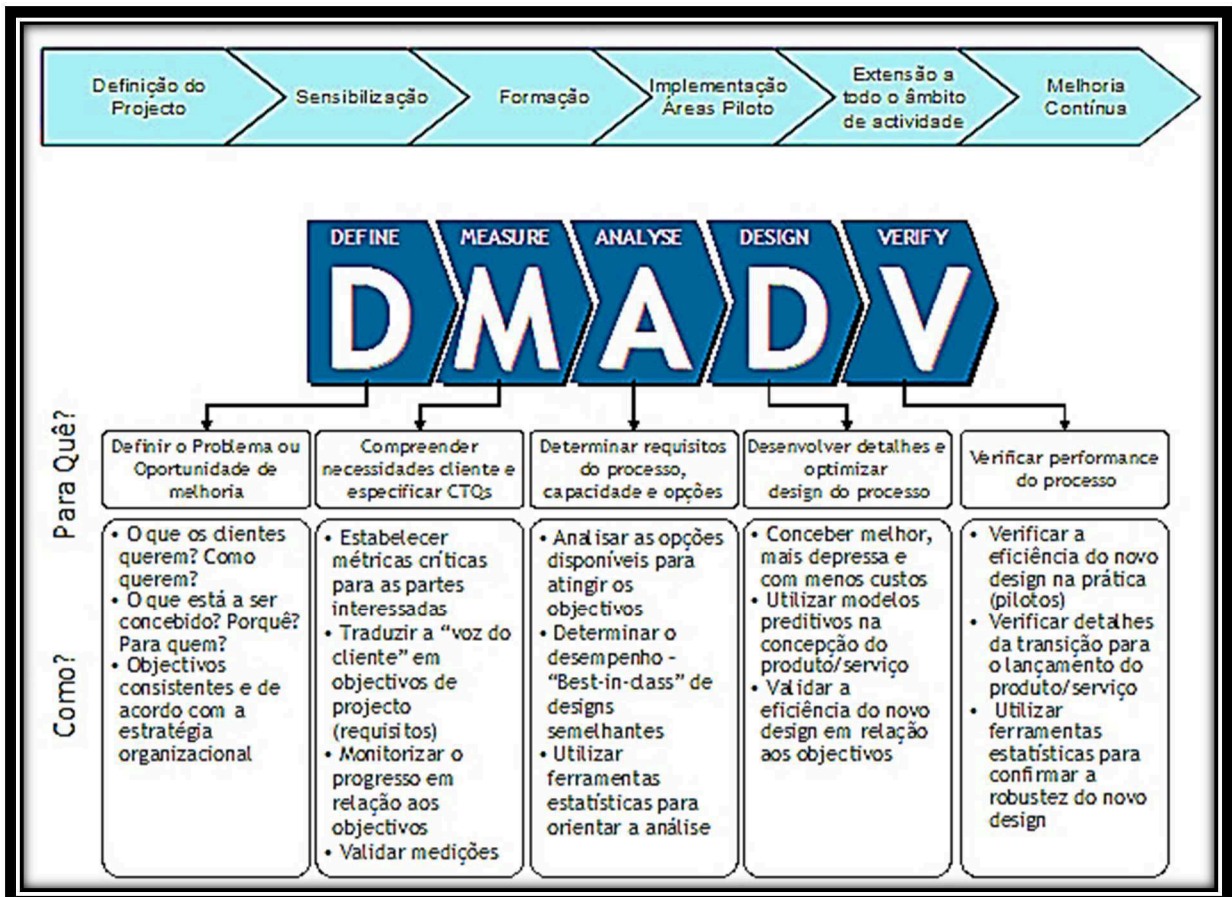


Figura 5 DMADV - 6 SIGMA

Fonte: Rotondaro, 2002

As siglas DMADV possuem sons semelhantes ao DMAIC, porém, a semelhança termina após as três primeiras letras DMA. Suas fases são: Definir (*Define* – D), Medir (*Mensure* – M), Analisar (*Analyze* – A), Melhorar (*Improve* – I) e controlar (*Control* – C) (ROTANDARO,2002).

2.3.4 Implantação do Lean e suas ferramentas

Na implantação do *Lean* algumas ferramentas e conceitos devem ser implantados. De acordo com Ohno (1997), a base do Sistema Toyota de Produção, é a total eliminação dos desperdícios. Os dois pilares necessários à sustentação do sistema são: *Just in Time* (JIT) e a Automação (Jidoka).

- **Administração *Just-in time* (JIT)**

O *Just-in-Time* é uma abordagem disciplinada para melhorar a produtividade e a qualidade total, através do respeito pelas pessoas e da eliminação das perdas. Na fabricação e/ou montagem de um produto, o *Just-in-Time* proporciona a produção no custo efetivo e a entrega apenas das peças necessárias com qualidade, na quantidade certa, no tempo e lugar certos, enquanto usa o mínimo de instalações, equipamentos, materiais e recursos humanos (MOURA, 2009. p.13).

A administração da produção *Just-in-time* transmite a ideia de que os três elementos da manufatura – recursos financeiros equipamentos e mão-de-obra –, devem ser colocados somente na quantidade necessária e no tempo requerido para o trabalho. Ohno (1997) argumenta que o just-in-time e a automação inteligente formam os dois pilares do gerenciamento enxuto.

Segundo Vollmann et al. (2007), o processo Just in time reúne não apenas os conceitos e técnicas do planejamento e controle da produção, mas é uma base filosófica para administração da produção que reduz a complexidade do planejamento de materiais, a necessidade de rastreamento no chão de fábrica, dos estoques em processos e da logística de suprimentos. A administração JIT é um sistema de programação que puxa o fluxo de produção e controla os estoques com a finalidade de eliminar o desperdício, reduzir estoques e garantir que, quando necessário, os estoques estarão disponíveis imediatamente.

- **Automação (*Jidoka*)**

A automação é um dos pilares do Sistema Toyota de Produção. É composta por dispositivos de conferência instalados nas máquinas que impedem a produção de produtos defeituosos e permitem que a máquina trabalhe sem a supervisão direta do operador; este último passa então a supervisionar a produção de diversos equipamentos ao mesmo tempo. Esse sistema de conferência foi desenvolvido por Sakichi Toyoda e serviu de base para o

desenvolvimento de sistemas de Automação, como, por exemplo, os dispositivos de parada automática, de segurança e à prova de erros.

2.3.5 Conceito de Desperdício

Segundo Shingo (1996), uma das principais características do Sistema Toyota de Produção é a redução de perdas em todo o processo de produção. As perdas ou desperdícios são vistos como qualquer ineficiência que leve ao uso de equipamentos, materiais e mão-de-obra em quantidades maiores do que as realmente necessárias para a produção de um determinado produto. Estas perdas podem ser tanto desperdício de materiais quanto execução de tarefas desnecessárias, que levem a custos adicionais e não agregam valor.

Segundo Womack (2002), desperdício, conhecido na língua japonesa por *muda*, é associado frequentemente ao que se classifica como lixo, porém sua definição vai, além disso.

De acordo com Campos (2006), o desperdício é todo e qualquer recurso que se deteriora na execução de um produto ou serviço além do estritamente necessário (matéria-prima, materiais, tempo, energia, por exemplo). É um dispêndio extra que aumenta os custos normais do produto ou serviço sem que traga qualquer melhoria para o cliente.

Reduzir o desperdício – *muda* – na manufatura significa eliminar tudo que aumente os custos de produção, ou seja, transformar muda em valor. Muitas vezes os desperdícios não são percebidos, pois se tornam aceitos como consequência natural do trabalho rotineiro. Por exemplo:

- **Perda:** toda atividade que não contribui para as operações. Por exemplo: espera, estoques intermediários entre operações, reabastecimento, movimentação do produto, etc.;
- **Operações que não agregam valor:** são atividades que não beneficiam a matéria prima, por exemplo: movimentação para alcançar as peças, desembalagens de caixas, operações manuais de comandos do equipamento, etc.;
- **Operações que agregam valor:** são atividades que transformam a matéria prima, modificando as suas forma e qualidade. Esses valores são normalmente percebidos pelo cliente final, pois de nada vale incluir atividades no processo

que não possam ser “cobradas” do cliente final. Caso contrário, podem gerar desperdícios. Muitos processos e atividades não são percebidos pelo cliente, mas são observados pela manutenção da Qualidade e Segurança do produto, como, por exemplo, testes finais de qualidade. Portanto, quanto maior o valor agregado, maior a eficiência da operação.

Os 7 desperdícios que o sistema *lean* visa a eliminar é a superprodução, sendo esta a maior fonte de desperdício, o tempo de espera, refere-se a materiais que aguardam em filas para serem processados, transporte, processamento, estoque, movimentação e defeitos (GODINHO FILHO, FERNANDES, 2004).

Em 1998, foi fundado no Brasil um instituto a fim de disseminar o sistema *Lean*, o *Lean Institute* Brasil (LIB) seguindo o exemplo do Instituto Norte Americano o *Lean Enterprise Institute* (LEI) fundado em 1997 por James Womack. Um dos principais papéis do *Lean Institute* é pesquisar as ferramentas *Lean* e adaptá-las para os contextos das empresas brasileiras, auxiliando assim a implementação do *Lean* dentro dos setores mais diversos (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Outras características do *Lean Production* é que o envolvimento dos colaboradores é determinante para o sucesso de projetos *LEAN*, pois são eles que melhor conhecem os processos. É um ciclo que não acaba numa lógica de melhoria contínua. O processo geração de ideias, viabilidade, implementação não é *LEAN*. Nos projetos *LEAN*, os grupos de trabalhos são orientados pelos 7 desperdícios acima referidos. Atua ao nível dos processos, das atitudes e comportamentos e das ferramentas de gestão (SHINGO, 1996; ALLEN, 2000).

O sistema *Lean Production* vem sendo implantado em todo o mundo em diversas empresas, nem sempre com sucesso, mas quando implantado interfere na redução ou eliminação dos desperdícios e aumento da produtividade da empresa (SÁNCHEZ; PÉREZ, 2001; WOMACK,; JONES, 2004).

2.3.6 Planejamento Estratégico

O Sistema de *Lean Production* é uma estratégia de produção e, para implantá-la, deve ser desenvolvido um planejamento estratégico na empresa com vistas a mudar a atitude dos funcionários para compartilharem uma mentalidade voltada para a resolução de problemas. O

sucesso do *Lean production* depende do apoio dos empregados especialmente da alta administração. Para divulgar a importância de implantar a estratégia de manufatura devem ser realizados ciclos de palestras para os diferentes níveis de gestores.

2.3.7 Treinamento

O objetivo do treinamento é fornecer o conhecimento sobre a Lean Production, valores, e ferramentas desse sistema de gerenciamento para os públicos-alvo dos funcionários da fábrica, líderes de equipes e operários que estão diretamente ligados à implantação. O treinamento pode ser iniciado com seminários, livros e workshops, e se tornar uma atividade contínua.

2.3.8. Mapeamento do Fluxo de Valor

O mapeamento do fluxo de valor da organização visa conhecer as atividades que não agregam valor e devem ser eliminadas. A iniciativa de mapear o processo é dos gerentes, supervisores e operadores de chão de fábrica que devem identificar aquelas operações que realmente agregam valor aos produtos.

O termo japonês Kaizen: significa “melhoria incremental contínua” (Womack e Jones, 2004) e é empregado para descrever atividades normalmente realizadas por grupos de funcionários da organização, que atuam no sentido de eliminar os desperdícios ou problemas de produção identificados nos processos.

A utilização da técnica de mapeamento do fluxo de valor normalmente expõe problemas que necessitam de intervenções, ou seja, os pontos onde um evento kaizen seria apropriado. Neste caso, as equipes vão para as áreas de produção e buscam identificar melhores formas de trabalho, através do desenvolvimento de um novo layout, equipamentos de transporte, sistema de estocagem, porém de forma criativa, tentando aproveitar ao máximo os recursos existentes na organização.

2.3.9 Organização do Local de Trabalho

De acordo com a filosofia da Lean Production, a organização e a limpeza do local de trabalho são fundamentais para garantir a confiabilidade dos equipamentos, visibilidade dos problemas, redução de desperdício, controle e aprimoramento da qualidade e a condição moral dos trabalhadores, entre outros. (GIANESI e CORREA, 1996 apud Muller). A ferramenta mais comum utilizada para organizar o local de trabalho é conhecida como 5S, assim definida:

- a). Senso de utilização: distinguir o que é necessário e o que não é.
- b) Senso de organização: um lugar para tudo e tudo em seu lugar.
- c) Senso de limpeza: limpar e buscar maneiras de manter limpo.
- d) Senso de higiene: compartilhar padrões estabelecidos e tornar obvio os padrões.
- e) Senso de autodisciplina: obedecer às regras e manter os primeiros 4s

2.3.10 Aproximações dos Processos – Majime

Para evitar o desperdício é importante avaliar o arranjo físico do ambiente. De acordo com a filosofia Lean, o arranjo físico da produção deve eliminar a divisão do processo em estágios, reduzir a movimentação da mão de obra, garantir transporte mais eficiente e eliminar o desperdício do estoque entre as etapas da manufatura.

2.3.11 O Kanban

Kanban é o termo japonês que significa o cartão que age como disparador da produção em estágios anteriores ao processo de manufatura, coordenando a produção de todos os itens de acordo com a demanda de produtos finais (CORREA e GIANESI, 1996). O Kanban é a etapa do Lean Production que busca controlar visualmente a linha de produção e programar a produção segundo a lógica de puxar, hoje uma técnica reconhecida como redutora de estoques.

As instruções são colocadas em pedaços de papel para comunicar de forma clara e direta as informações necessárias ao operador da estação de trabalho, como por exemplo, a quantidade a produzir, quantidade retirada, quantidade recebida, código do item, estoque mínimo, estoque atual, local de armazenagem, entre outros. As vantagens do Kanban são: produzir apenas o necessário; reduzir os estoques intermediários e de matéria prima; reduzir o

tamanho dos depósitos, das equipes de controle e a movimentação de estoques; facilitar o controle gerencial e a supervisão de processos.

A utilização desses cartões pode ser feita de duas maneiras: cartão único - somente cartões de transporte -, e dois cartões - cartões de produção e de transporte. O kanban pode representar os vários componentes da produção através de marcadores de plásticos coloridos ou mesmo “bola de ping pong” de diversas cores. Para Johnston et. al (2002), há três tipos de Kanban:

- Kanban de movimentação ou transporte
- Kanban de produção
- Kanban de fornecedor.

Na figura 6 abaixo podemos observar um exemplo de Kanban, proposto para o setor da Construção Civil. O cartão deverá estar sempre bem visível e acompanhando os produtos que ele representa e deverá indicar: o setor a que se destina o material (proprietário do cartão), a descrição e medidas dos produtos representados e quantidade, e de onde vieram (origem) e horário do pedido e atendimento.

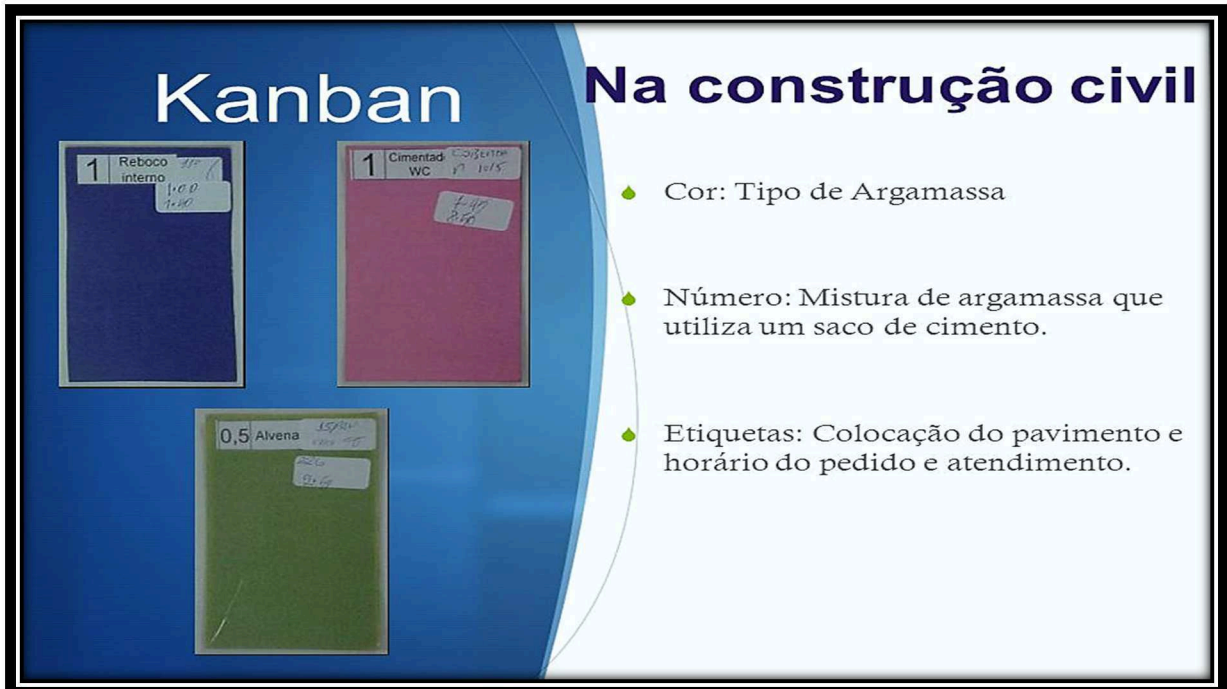


Figura 6 Cartão de Kanban

Fonte: Adaptado pelo autor de LIKER (2005).

O Sistema Kanban possui alguns componentes básicos, responsáveis pelo seu funcionamento (PACE, 2003):

- **Kanban (cartões):** geralmente são utilizados dois tipos de cartões. O cartão de movimentação que autoriza a retirada e movimentação das peças de um processo para outro, ele funciona como uma requisição de materiais. O cartão de produção determina o tipo e a quantidade de peça que o processo deverá produzir, ele funciona como um dispositivo de controle da produção;

- **Contêiner:** são também chamados embalagens, contenedores ou caixas onde as peças serão armazenadas ou transportadas. Eles devem ter os seus volumes padronizados, para manter um controle visual sobre o processo;

- **Célula:** local onde o Kanban está sendo implantado, também chamada de célula de produção ou manufatura;

- **Quadro Kanban:** painel onde os cartões são fixados, a fim de manter um gerenciamento visual do processo e autorizar o processamento das peças solicitadas;

- **Área de mini estoque de entrada:** é o local onde o material necessário para produzir a peça fica armazenado;

- **Área de mini estoque de saída:** é o local onde os produtos processados, completados, são estocados. Os itens ficam nesta área disponíveis para o cliente, ou seja, o processo subsequente.

Essas duas áreas devem ser preparadas e organizadas, com o objetivo de facilitar a identificação das peças, para isso são utilizadas prateleiras com espaços delimitados, específicos e identificados para cada produto armazenado ali, e todas essas definições estejam bem claras e definidas por todas as pessoas que se utilizam do sistema.

Independente do tipo de *Kanban* utilizado percebe-se que este método é essencial para a aplicação da filosofia JIT na empresa, pois reduz o tempo de espera, diminuindo o estoque e a superprodução, melhorando a produtividade, interligando todos os processos em um fluxo contínuo e nivelado.

O Kanban é uma ferramenta prática do JIT que representa o sistema logístico de puxar a produção, base da filosofia *Lean Production*.

2.3.12 Kaizen

De acordo com Moraes e Sahb (2004), o *Kaizen* propicia à empresa, resultados aparentes e concretos, tanto qualitativamente, quanto quantitativamente, geralmente em um curto espaço de tempo e a um baixo custo. Mas o principal objetivo está no envolvimento direto das pessoas, que se sentem mais valorizadas e motivado a alcançar os objetivos da empresa. Na Figura 7 demonstra-se a utilização do Kaizen em construção civil.



Figura 7 Kaizen na Construção - Objetivo

Fonte: GHINATO: 2000

A gestão *Kaizen* – uma etapa de implantação da filosofia Lean - busca a melhoria incremental e contínua de uma atividade com base na eliminação de perdas, visando agregar valor ao produto com um mínimo de investimento. (GHINATO: 2000).

Essa melhoria contínua depende do monitoramento dos processos através da utilização do Ciclo PDCA, o qual se desenvolve a partir da padronização da melhor solução e subsequente melhoria deste padrão, garantindo que os ganhos incrementais sejam incorporados às práticas

operacionais. Para isso, são formadas equipes Kaizen e selecionados líderes de equipes na fábrica chamados (Green Belts), de acordo com a motivação, comunicação e habilidade de treinamento.

Outras ferramentas utilizadas pelo Kaizen são:

- Sistema de sugestões
- Círculo de controle de qualidade
- Gestão orientada por processo
- Gestão visual
- Kanban
- Controle estatístico de processo.

2.3.13 Vantagens e Desvantagens da Metodologia 6 Sigma

Segundo Werkema (2006), as principais vantagens do Seis Sigma são “algumas características únicas e poderosas de sua abordagem e forma de implantação”:

- Mensuração direta dos benefícios do programa de lucratividade da organização, o que proporciona grande visibilidade e valorização dos resultados alcançados;
- O elevado comprometimento da alta administração e a infraestrutura criada na organização, com papéis bem definidos para os patrocinadores e especialistas do 6 Sigma;
- Os métodos estruturados para o alcance de metas utilizadas no programa: DMAIC e DMADV;
- O foco na satisfação do cliente/consumidor;

No que diz respeito aos benefícios, ressalta-se que, por intermédio do 6 Sigma, as empresas podem:

- Reduzir o percentual de fabricação de produtos defeituosos;
- Aumentar o nível de satisfação de clientes;
- Reduzir o tempo exigido no desenvolvimento de novos produtos;
- Reduzir estoques, percentual de entregas com atrasos e custos;
- Aumentar o rendimento dos processos e o volume de vendas.

A metodologia 6 Sigma não possui desvantagens. Há apenas uma ressalva importante: as empresas devem ser capazes de repudiar a parte da propaganda que cerca o programa prometendo “milagres rápidos e fáceis”. Devem ficar claro que o 6 Sigma só funciona se implantado com rigor e disciplina. As decisões devem ser baseadas em dados e na metodologia estruturada do DMAIC ou do DMADV, e é imprescindível um profundo comprometimento da alta administração da organização (WERKEMA, 2006).

2.3.14 Perspectiva Estratégica do Seis Sigma

O programa Seis Sigma promove um alinhamento da área de qualidade com as estratégias de negócio da organização. Esse desdobramento é feito por meio de uma estrutura hierárquica que alinha as estratégias e objetivos de negócio com o portfólio de programa e projetos, os quais estão na base da pirâmide conforme ilustra a Figura 8.

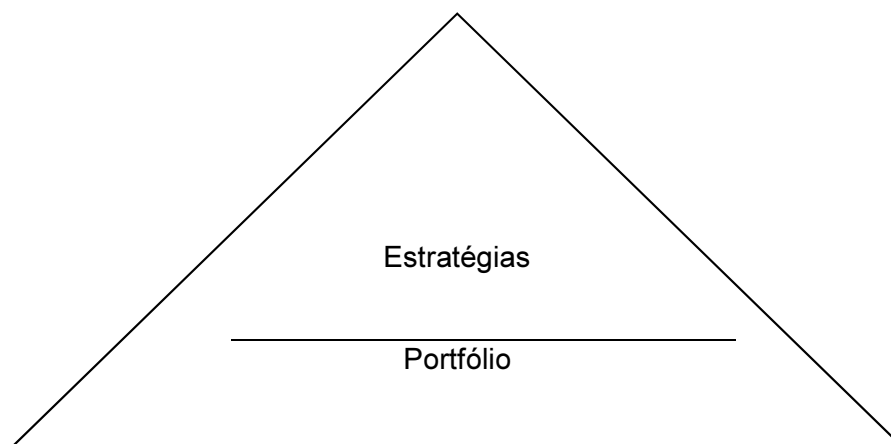


Figura 8 Alinhamento Estratégico dos Projetos 6 Sigma

Fonte: Adaptado de Carvalho, 2005

Uma questão central nos programas Seis Sigma é a definição dos projetos que receberão aporte de recursos da organização. O processo de seleção deve assegurar a alocação ideal dos recursos em projetos prioritários, alinhados à estratégia da empresa, com impacto não só na melhoria da eficiência, mas, sobretudo na eficácia da empresa, garantindo-lhe a obtenção de vantagem competitiva.

A organização deve, portanto, analisar os projetos Seis Sigma sob alguns critérios individuais e alguns critérios gerais de formação da carteira ou portfólio. A gestão da carteira de projetos é fundamental para garantir o balanceamento segundo as principais dimensões estratégicas (ROTONDARO, 2002).

2.3.15 Lean Seis Sigma

O Seis Sigma é uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que tem como objetivo aumentar expressivamente a performance e a lucratividade das empresas, por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos e do aumento da satisfação de clientes e consumidores (WERKEMA, 2004).

O *Lean Manufacturing*, por sua vez, é uma iniciativa que busca eliminar desperdícios, isto é, excluir o que não tem valor para o cliente e imprimir velocidade à empresa. Como o *Lean* pode ser aplicado em todo tipo de trabalho, uma denominação mais apropriada é *Lean Operations* ou *Lean Enterprise* (CARVALHO, 2002).

Dentro do exposto, compreende-se que o *Lean Seis Sigma* é um programa resultante da integração entre o Seis Sigma e o *Lean Manufacturing*, por meio da incorporação dos pontos fortes de cada um deles, é denominado *Lean Seis Sigma*, uma estratégia mais abrangente, poderosa e eficaz que cada uma das partes individualmente e adequada para a solução de todos os tipos de problemas relacionados à melhoria de processos e produtos (CARVALHO, 2002).

As empresas optam pelo *Lean Seis Sigma* com o objetivo de melhorar radicalmente o desempenho da organização e saltar à frente de seus concorrentes, obtendo maior lucratividade e gerando mais valor para os acionistas. Uma empresa que tem como meta, por exemplo, dobrar o valor do negócio em um prazo de três anos, poderá adotar o Seis Sigma como uma das principais estratégias para o alcance dessa meta.

O *Lean Seis Sigma* enfoca os objetivos estratégicos da organização e estabelece que todos os setores-chave para a sobrevivência e sucesso futuros da empresa possuam metas de melhoria baseadas em métricas quantificáveis, que serão atingidas por meio de um esquema de execução projeto por projeto. Os projetos são conduzidos por equipes lideradas pelos especialistas do Seis Sigma (WERKEMA, 2004).

2.3.16 Benefícios do Programa Seis Sigma

Os benefícios do 6 Sigma são os principais atrativos que despertam o interesse das empresas pelo programa. Entretanto, para avaliar corretamente cada benefício obtido com a implantação do 6 Sigma são necessários levantamentos de dados por meio de pesquisas junto às empresas que aplicam o programa ou, que estas organizações evidenciam suas conquistas através de informações confiáveis, como balanços, cartas aos acionistas ou divulgação na imprensa especializada (WERKEMA et al., 2001).

Os principais benefícios da aplicação do programa Seis Sigma: a busca da melhoria contínua dos processos; a conquista da satisfação dos clientes através da melhor compreensão dos requisitos exigidos; o pleno entendimento das entradas críticas dos processos necessárias para responder as alterações nas exigências e especificações definidas; aprimoramento da qualidade; ganhos no fluxo do processo; aumento da produtividade; redução de tempos de ciclo; aumento da capacidade produtiva e da confiabilidade dos produtos; redução dos defeitos, dos custos, de desperdícios; a eliminação de atividades que não agregam valor ao processo; e a maximização dos lucros. Contudo, como afirmado anteriormente, cabe sempre a constatação da extensão dos ganhos obtidos. (WERKEMA, et al. 2001).

2.3.17 Papéis Requeridos na Implementação do Seis Sigma

Segundo Rotondaro (2002), o 6 Sigma identifica cinco papéis principais para sua implementação com sucesso:

- **Liderança Executiva** inclui o CEO e outros membros de equipe na alta direção. São responsáveis por implementar uma visão para a implementação do Seis Sigma. Também transferem autoridade aos outros papéis com a liberdade e recursos para explorar novas ideias para melhorias importantes;
- **Champions** são responsáveis pela implementação do Seis Sigma através da organização de maneira integrada. A Liderança Executiva os escolhe da alta gerência. Os *Champions* também são mentores dos *Black Belts*;
- **Máster Black Belts** atua como especialistas internos para o Seis Sigma na organização. Eles dedicam 100% de seu tempo ao Seis Sigma. Ajudam os *Champions* e guiam *Black Belts* e *Green Belts*. Fora do rigor tradicional da

estatística, seu tempo é usado garantindo uma implementação integrada do Seis Sigma nas várias funções e departamentos da empresa;

- **Black Belts** operam abaixo dos *Máster Black Belts* para aplicar a metodologia em projetos específicos. Dedicam 100% de seu tempo ao Seis Sigma. Seu foco primário é a execução de projetos, enquanto *Champions* e *Máster Black Belts* se enfocam na identificação de projetos para Seis Sigma;
- **Green Belts** são os empregados que participam da implementação do Seis Sigma junto às suas outras responsabilidades no trabalho. Operam sob a supervisão dos *Black Belts* e os suportam na realização de bons resultados gerais.

Há programas de treinamento específicos para treinar pessoas a desempenhar estes papéis.

O modelo citado acima tem alguns inconvenientes, e muitos programas modernos de 6 Sigma não o seguem mais. Frequentemente surge ressentimento entre os gerentes que tem *Black Belts* externos inseridos em suas áreas, e há corrupção e divisão do controle dos gerentes em suas áreas de responsabilidade. Além disso, 40-50% dos *Black Belts* saem da empresa após 2-3 anos.

Hoje em dia é comum ter *Máster Black Belts* conduzindo e gerenciando o programa como um todo, enquanto *Black Belts* e *Green Belts* executam projetos em suas áreas e se reportam para o gerente da área.

2.3.18 Caracterização dos Projetos Seis Sigma

Os estímulos para o início de um projeto podem ser tantas oportunidades de mercado como exigências do negócio, geralmente deflagradas por uma das seguintes situações:

- Uma demanda de mercado;
- Uma necessidade do negócio;
- Um pedido (uma exigência) de cliente;
- Um avanço tecnológico;
- Uma exigência legal.

No jargão dos projetos Seis Sigma, para assegurar-se de que os recursos estão sendo bem alocados, deve-se procurar o que é crítico para a qualidade (*Critical to Quality* – CTQ). Duas perguntas básicas podem ajudar na definição dos CTQ:

- O que é crítico para o mercado?;
- Quais são os processos críticos?

Com o intuito de diferenciar as características críticas para a qualidade oriundas das demandas do mercado, portanto externas, daquelas que vêm de uma análise dos processos críticos da empresa (internas), será utilizada a seguinte convenção: características críticas para a qualidade externa (CTQex) e interna (CTQin) (CARVALHO apud ROTONDARO, 2002).

Uma vez que a empresa conhece o que é crítico para a qualidade, deve promover projetos Seis Sigma para garantir que seu desempenho nesses quesitos seja classe mundial, reduzindo sistematicamente a variabilidade desses processos.

É importante destacar que esse processo de seleção dos projetos Seis Sigma é permanente e que um tema específico dentro da organização (CTQex ou CTQin) pode vir a ser alvo de projeto mais de uma vez. As informações históricas devem ser consideradas sempre que estiverem disponíveis, tornando importante a manutenção de banco de dados que contenha os resultados dos projetos Seis Sigma já realizados e do monitoramento do desempenho das CTQex e CTQin ao longo do tempo (ROTONDARO, 2002).

O mapeamento dos processos críticos e, por conseguinte, das CTQin é uma demanda da ISO 9000. Portanto, as empresas certificadas já incorporaram o gerenciamento por processos à Gestão da Qualidade.

Os critérios de seleção do projeto podem contemplar uma vasta gama de possíveis metas das organizações, tais como: retorno financeiro, fatia de mercado, percepções públicas etc.

Não obstante, nem sempre é possível conduzir vários projetos Seis Sigma simultaneamente para todas as CTQ, pois em geral existem limitações de recursos. Deve-se, portanto, estabelecer alguns critérios para a seleção dos projetos, seguindo estas etapas:

- Identificar as CTQ internas e externas;
- Identificar lacunas de desempenho (gaps);
- Determinar se o escopo e a amplitude do projeto são gerenciáveis;

- Determinar a viabilidade do projeto.

Em algumas organizações, um projeto Seis Sigma só é formalmente iniciado depois da conclusão de um estudo de viabilidade, embora nem sempre seja obrigatório. Em outros casos, uma avaliação especializada pode ser requerida, utilizando outras unidades dentro da organização.

Uma vez selecionado o projeto Seis Sigma, é importante que toda a equipe conheça as restrições a que o projeto está sujeito, pois elas limitarão as opções da equipe com relação a:

2.3.19 A Equipe Seis Sigma

Os papéis da equipe Seis Sigma têm alguns de seus títulos baseados nas artes marciais, pois seus idealizadores acham que ambos têm certas habilidades em comum.

Executivo Líder:

É o responsável pela implantação do Seis Sigma. Seu comprometimento é indispensável para o sucesso da implantação da estratégia de melhoria, pois cabe a ele conduzir, incentivar e supervisionar as iniciativas do programa Seis Sigma em toda a empresa.

Cabe ao líder analisar os resultados do programa Seis Sigma, verificando os benefícios financeiros alcançados com os projetos Seis Sigma. Além disso, seleciona os executivos (diretores e gerentes) que desempenharão o papel de campeões (ROTONDARO, 2002).

Campeão

O campeão deve liderar os executivos-chave da organização rumo ao programa Seis Sigma. Cabe a ele organizar e guiar o começo, o desdobramento e a implementação do Seis Sigma em toda a organização.

O campeão deve compreender as teorias, os princípios e as práticas do Seis Sigma, sendo capaz de pavimentar o caminho para as mudanças organizacionais necessárias. Finalmente, é atribuição do campeão definir as pessoas que irão disseminar os conhecimentos sobre o Seis Sigma por toda a empresa.

Máster Black Belts

Ajuda o campeão na tarefa de implantar o Seis Sigma na organização, tendo papel fundamental no processo de mudanças na organização.

Suas atribuições incluem ajudar o campeão na escolha e no treinamento de novos projetos de melhoria, oferecendo liderança técnica no preparo dos profissionais de Seis Sigma, treinando e instruindo os *Black Belts* e os *Green Belts*.

Estes profissionais dedicam 100% do seu tempo às atividades relacionadas ao programa Seis Sigma. Para tal, recebem treinamento intensivo e são preparados para a solução de problemas utilizando o pensamento estatístico. Além disso, os *Máster Black Belts* devem possuir habilidades de comunicação e didáticas.

Black Belts

Estes profissionais, assim como os *Máster Black Belts*, também dedicam 100% do seu tempo a trabalhar em projetos Seis Sigma, recebendo treinamento intensivo em técnicas estatísticas e de solução de problemas.

Os *Black Belts* respondem aos *Máster Black Belts* e lideram equipes na condução dos projetos Seis Sigma máster. Em algumas empresas, estes profissionais são capazes de treinar até 100 *Green Belts* ao ano.

Algumas habilidades necessárias para os *Black Belts* são:

- Iniciativa, entusiasmo e habilidades de relacionamento interpessoal e comunicação;
- Motivação para alcançar resultados e efetuar mudanças;
- Influência no setor funcional em que atuam;
- Habilidade para trabalhar em equipe;
- Excelentes conhecimentos técnicos da sua área de trabalho;
- Domínio das ferramentas estatísticas e conhecimento da metodologia Seis Sigma aplicada a projetos específicos.

Green Belts

Os *Green Belts* são profissionais parcialmente envolvidos com as atividades Seis Sigma, compartilhando-as como parte das suas tarefas do dia-a-dia.

No que concerne ao Seis Sigma, os *Green Belts* possuem duas tarefas principais:

- Auxiliar aos *Black Belts* na coleta de dados e no desenvolvimento de experimentos e,
- Liderar pequenos projetos de melhoria nas suas respectivas áreas de atuação. Seu treinamento é mais simplificado do que os *Black Belts*.

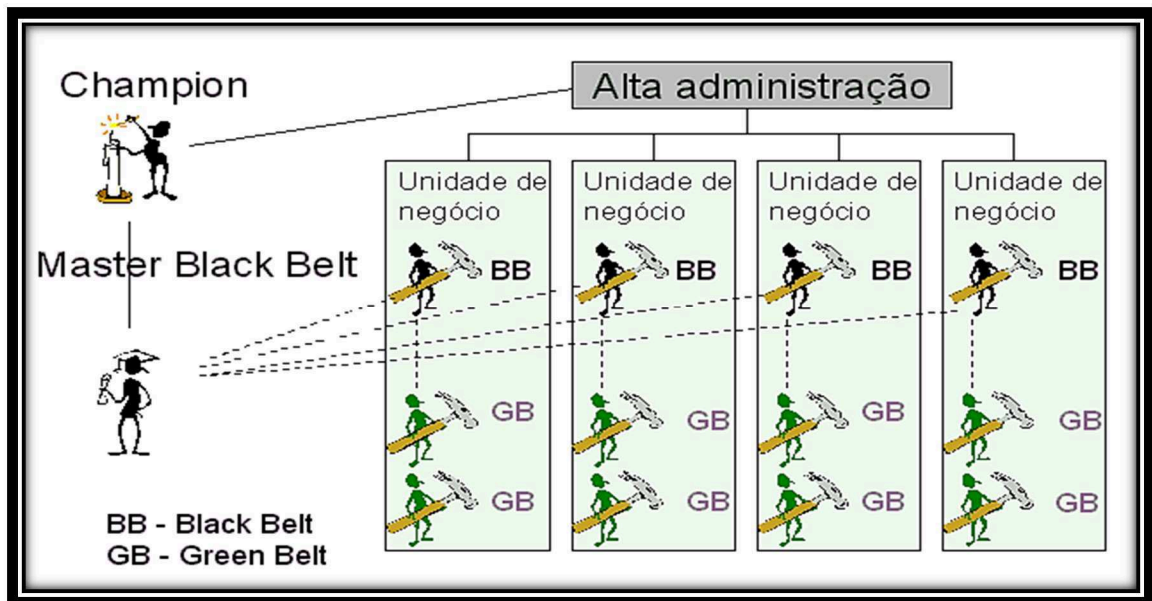


Figura 9 Hierarquia Seis Sigma

Fonte: Rodrigues, 2006

2.3.20 Fatores Críticos de Sucesso e Foco

Segundo Rodrigues (2006) durante a maioria dos eventos de treinamento para executivos e champions em Seis Sigma, ocorrem algumas discussões sobre os fatores críticos de sucesso. Essas discussões variam imensamente em termos de profundidade, mas geralmente incluem um conteúdo variado sobre engajamento de executivos, envolvimento da direção, comunicação, recursos, projetos, disciplina e consequências.

Cada um desses fatores de sucesso pode ser dividido em subfatores, para se definir também as ações, medições, funções, responsabilidades e condutas, que cada parte da organização deve demonstrar para obter sucesso e resultados significativos.

A seguir relacionamos alguns dos fatores críticos de sucesso e seus subfatores para um maior esclarecimento dos mesmos:

Engajamento de Executivos:

- Suporte visível e constante, e papel ativo na comunicação e premiação dos envolvidos.
- Garantir a relação do Seis Sigma com as estratégias corporativas.
- Priorização evidente (referente a outras iniciativas, programas e prioridades).
- Exigir o uso de fatos e dados para dar suporte às ações de todos os níveis na tomada de decisões.
- Criar obrigações, expectativas, papéis e responsabilidades para a organização.
- Conduzir e frequentar análises críticas regulares para garantir e verificar o progresso.

Comunicação:

- Criação e comunicação de um plano de Recursos Humanos para dar suporte aos papéis desempenhados no Seis Sigma.
- Comunicação regular por escrito sobre novidades e sucessos do Seis Sigma.
- Desenvolvimento e disseminação de recursos de comunicação para a direção.
- Defender e criar uma "linguagem comum" baseada no Seis Sigma.
- Comunicar fatos pertinentes ao Seis Sigma em cada reunião da empresa.

Projetos:

- Estabelecer um inventário documentado de projetos Seis Sigma de 1 ano (e atualizar regularmente).
- Garantir a relação dos projetos Seis Sigma com as necessidades críticas da empresa e do cliente.
- Estabelecer projetos de escopo e tamanho apropriados (economia significativa & executável).
- Delegar um *champion* e um *black belt* para cada projeto (e exigir prestação de contas).
- Implementar um sistema de acompanhamento de projetos para facilitar a reaplicação e a reutilização.

A documentação desses fatores de sucesso e de seus subfatores é meramente o primeiro passo no processo que consiste em garantir sua implementação e torná-los parte da

filosofia e do sistema operacional da empresa. Há também o problema de se garantir sua eficácia e seu uso por parte dos membros apropriados da organização.

Os métodos tradicionais de monitoramento de condutas de gestão são amplamente subjetivos. Há sistemas que usam registros com indicadores vermelhos, amarelos e verdes. Outros, ainda, usam simplesmente listas de verificação. Já ocorreu a muitos de nós, envolvidos com o Seis Sigma, que seria necessário um método melhor e mais quantitativo para medir, alinhar e fechar lacunas de desempenho e conduta; principalmente se considerarmos que o Seis Sigma exige a tomada de decisões baseada em fatos e dados e o aperfeiçoamento do desempenho (RODRIGUES, 2006).

2.3.21 As Principais Dificuldades e Facilidades na Implementação do Seis Sigma

Segundo Eckes (2001) as dificuldades de implementação do Seis Sigma são:

- A pouca disponibilidade de funcionários para a realização de treinamento e estudos, dentre outras atividades;
- A complexidade das operações realizadas;
- Os treinamentos internos, já que para o Seis Sigma são muito mais complexos do que para a maioria dos outros programas de qualidade;
- O manuseio das ferramentas da qualidade;

Entre as principais facilidades encontradas na implantação do Seis Sigma Eckes (2001) cita as seguintes:

- Disponibilidade de recursos para diversos fins como, por exemplo, treinamentos, materiais didáticos, etc;
- Apoio da direção das organizações;
- Consultoria contratada para auxiliar na implantação;
- Escolaridade dos colaboradores;
- Programas de computador para apoio e a confecção de documentos.

2.3.22 Como Complementar a ISO 9001 com o Seis Sigma

Segundo Rodrigues (2006), a ISO 9001 dá um grande enfoque à medição, análise e melhoria.

O processo atual de muitas organizações, baseado na ISO 9001, consiste em um sistema coerente e reproduzível, muito diferente do antigo processo que visava descobrir e corrigir problemas imprevistos. As auditorias internas e os sistemas de ação corretiva e preventiva podem ajudar a manter a coerência, reduzir a variância e, quem sabe, até mesmo direcionar pequenas melhorias.

Porém, para revolucionar o *status que*, dando o salto quântico essencial para tomar a frente da concorrência (e não apenas manter-se à altura da mesma), é preciso muito mais do que isso. Sendo o atual processo estável e coerente, há uma tendência de tratá-lo como se fosse uma caixa, com rígidas funções e responsabilidades.

Quando desafiadas a fazerem mudanças, as pessoas acham difícil pensar além da caixa: "Não dá para mudar isso por que...". Com a combinação holística de liderança, alinhamento, medição, reconhecimento, responsabilidade e sólidos métodos de qualidade, um bom programa Seis Sigma é capaz de impelir a organização para fora da caixa em direção a novos níveis de excelência de desempenho.

2.3.23 Como o Seis Sigma Complementa a ISO 9001

A série de normas ISO 9000 se baseia em oito princípios de gestão da qualidade. A aplicação do Seis Sigma à ISO 9000 ajuda a empresa a conseguir maiores benefícios (RODRIGUES, 2006).

Foco no Cliente

O 6 Sigma mostra como alinhar a organização por meio de medidas de desempenho focadas no cliente.

Liderança

Os líderes seniores patrocinam os projetos Seis Sigma por meio do envolvimento ativo. O Seis Sigma inclui treinamento em seleção, instrução e liderança de projetos Seis Sigma.

Envolvimento das Pessoas

Os projetos Seis Sigma são especificamente elaborados para envolver todas as pessoas da organização. O programa inclui treinamento em técnicas de facilitação e desenvolvimento de equipes.

Abordagem de Processo

Os projetos Seis Sigma mapeiam e analisam os processos da empresa a fim de melhorá-los.

Abordagem Sistêmica para a Gestão

Um bom projeto Seis Sigma reconhece que as pessoas e os processos estão conectados num sistema interdependente. Buscando atingir metas mensuráveis que abarquem o sistema de ponta a ponta, é capaz de conseguir grandes avanços.

Melhoria Contínua

Organizações que empregam o Seis Sigma entendem o que Andrew Grove, da Intel, quis dizer com "apenas os paranoicos sobrevivem". Considerando a qualidade como uma vantagem competitiva, essas empresas estão sempre fazendo melhorias.

Abordagem Factual para Tomada de Decisões

As equipes de projetos Seis Sigma centralizam sua energia na coleta e análise de dados, a fim de conhecer diversas opiniões e argumentos e conquistar a compreensão e colaboração de todos.

Benefícios mútuos na relação com os Fornecedores

O Seis Sigma considera os clientes e os fornecedores como um sistema conectado, tendo uma das necessidades a serem satisfeitas.

Assim sendo, o Seis Sigma oferece uma estrutura de gestão (incluindo processos, técnicas e treinamento) que, comprovadamente, atende aos requisitos da ISO 9001 nas seguintes áreas:

- Demonstração do comprometimento da alta direção com a melhoria contínua da eficácia do sistema de gestão da qualidade
- Competência, conscientização e treinamento com relação a técnicas estatísticas e à gestão da qualidade.
- Melhoria contínua do sistema de gestão da qualidade
- Medição e monitoramento da satisfação dos clientes
- Medição, monitoramento e melhoria dos processos e produtos (RODRIGUES, 2006).



Figura 10 Como a ISO 9001 complementa o Seis Sigma

Fonte: Rodrigues, 2006

Os resultados alcançados com o Seis Sigma podem ser surpreendentes, mas os métodos não são novos. A única coisa nova é o processo utilizado para comunicar e empregar esses métodos. (Tivéssemos todos nós adotado esses métodos conforme ensinaram Deming, Juran e outros, aquilo que hoje consideramos "novo" teria sido, até hoje, um estilo de vida).

Esse processo coerente compõe-se de 5 fases: definição, medição, análise, melhoria e controle. A fase de definição é direcionada pelos requisitos dos clientes e pelas medidas de satisfação, originando o processo "assim como é" – derivando-se tudo isso do sistema de gestão baseado na ISO 9001.

Embora o processo em questão resulte geralmente da realização de produtos, os projetos Seis Sigma podem abranger também a gestão de recursos, a responsabilidade da direção ou os próprios processos de medição, análise e melhoria.

O resultado de um projeto Seis Sigma consiste em um processo revisado que é aplicado e garantido – "controlado", na terminologia Seis Sigma – por meio do sistema de gestão da qualidade, com seus procedimentos documentados, processos de comunicação e sistema de auditoria interna. Assim sendo, o sistema de gestão baseado na ISO 9001 permite à organização "conservar o ganho", como costumam dizer os profissionais de Seis Sigma. Provavelmente, o elemento mais importante seja o sistema de auditoria interna (ISO 9001:2015, 9.2), garantindo que não haja regressão do novo processo para o antigo.

Naturalmente, se as seções 9 e 10 da ISO 9001 exige medição, análise e melhoria, esses processos também deveriam ser de importância para o Seis Sigma. A gestão de recursos e a responsabilidade da direção são cruciais para proporcionar recursos ao programa Seis Sigma e conservá-lo (CQSP, 2000).

2.4. Ferramentas Seis Sigma

Seis Sigma é uma metodologia sistemática que nos habilita conseguir a performance melhor possível para nossos produtos, processos ou serviços para atender as expectativas dos clientes. As ferramentas devem ser entendidas como os habilitadores, como os meios para alcançar essa performance buscada. Uma ferramenta não é exclusiva de uma ou outra metodologia (DMAIC ou DMADV).

Os *Black Belts* e os *Green Belts* fazem uso das ferramentas para gerenciar melhorias de qualidade dentro da metodologia. Muitas dessas ferramentas foram incorporadas dentro do software Seis Sigma para que o computador gerenciasse os cálculos ocultos.

A maioria das ferramentas pode ser classificada em duas categorias:

- Ferramentas de otimização de processo, que permitem que as equipes desenhem fluxos de trabalho mais eficientes;
- Ferramentas de análise estatística, que permitem que as equipes analisem os dados com mais eficiência.

A escolha da ferramenta correta, desde que utilizada da maneira correta, ajuda muito no andamento do Seis Sigma.

A seguir serão apresentadas algumas ferramentas Seis Sigma. Ressalta-se que só serão apresentadas neste trabalho algumas ferramentas, pois a variedade é muito grande de ferramentas utilizadas na metodologia Seis Sigma.

2.4.1 Desdobramento da Função Qualidade (QFD – Quality Function Deployment)

O QFD é utilizado para entender os pedidos dos consumidores. A parte do “envio” vem do fato de os engenheiros de qualidade ter sido enviado para os consumidores para entenderem completamente suas necessidades. Atualmente, um envio físico pode não acontecer, mas a ideia por trás da ferramenta ainda é válida. Basicamente, o QFD identifica os pedidos do consumidor e os avalia em uma escala numérica, com números mais altos correspondendo aos pedidos essenciais e números mais baixos correspondendo aos bons de se ter. Então, várias opções de *design* são listadas e avaliadas em suas habilidades de atender as necessidades do consumidor. Cada opção de *design* vale um ponto e aquelas com altas pontuações se tornam soluções preferenciais.

2.4.2 Diagrama de “Espinha de Peixe” (*Fishbone*)

O diagrama de espinha de peixe é uma ferramenta gráfica utilizada para o gerenciamento e o controle da qualidade em processos diversos. Esta ferramenta foi originalmente proposta pelo engenheiro químico Kaoru Ishikawa em 1943 e aperfeiçoada nos anos seguintes. O diagrama completo se parece com um esqueleto de peixe (de onde vem o nome). Este diagrama também é conhecido como diagrama de Ishikawa em homenagem ao seu criador e diagrama 6M pois, em sua estrutura, todos os tipos de problemas podem ser classificados como sendo de seis tipos diferentes:

- método;
- matéria-prima;
- mão-de-obra;
- máquinas;
- medição;

- meio ambiente.

Este sistema permite estruturar hierarquicamente as causas de determinado problema ou oportunidade de melhoria, bem como seus efeitos sobre a qualidade. Permite também estruturar qualquer sistema que necessite de resposta de forma gráfica e sintética.

Quando se fala em Seis Sigma, todos os efeitos são resultados de entradas específicas. Essa relação de causa e efeito pode ser esclarecida seja utilizando um diagrama de espinha de peixe ou uma matriz de causa e efeito.

O diagrama de espinha de peixe ajuda a identificar quais variáveis de entrada devem ser estudadas posteriormente. Para criar um diagrama de espinha de peixe, você começa com o problema de interesse, a cabeça do peixe, então você desenha a espinha e, saindo da espinha, seis ossos nos quais devem ser listadas as variáveis de entrada que afetam o problema. Cada osso é reservado para uma categoria específica de variável de entrada, como mostra a figura 11.

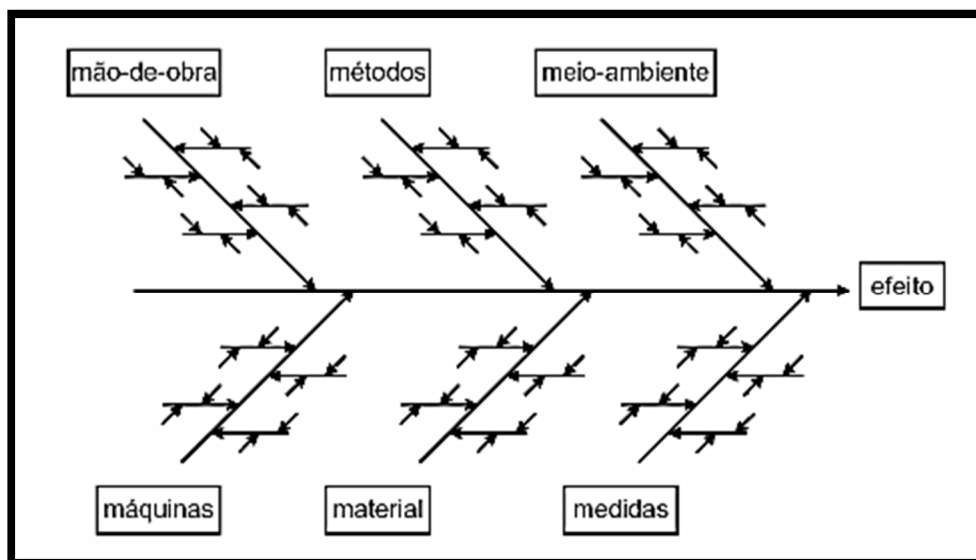


Figura 11 Diagrama de Causa e Efeito ou "Espinha de Peixe"

Referência: blogdaqualidade (2017)

Podemos alimentar o diagrama com vários níveis de causas, obedecendo a uma ordem crescente de níveis. Após listar todas as variáveis de entrada em suas respectivas categorias, uma equipe de profissionais analisa o diagrama e identifica duas ou três variáveis de entrada que podem ser a fonte do problema.

2.4.3 Matriz de Causa e Efeito (C&E)

A matriz C&E é uma extensão do diagrama de espinha de peixe. Esta matriz é um método para priorizar esforços, ela ajuda as equipes do Seis Sigma a identificarem, explorarem e exibirem graficamente todas as causas possíveis relacionadas a um problema e assim, procurarem a raiz.

A matriz C&E relaciona as entradas (X's) de um processo com as CTQs/saídas (Y's) usando mapa de processo como fonte primária.

Para fazer a matriz C&E primeiramente são listados os Y's focado no cliente. Deve ser listado aquilo que dá satisfação ao cliente. Depois de listadas as CTQs (Y's), as mesmas são ranqueadas conforme a importância para o cliente. É importante lembrar sempre que este passo deve incluir o cliente no processo, cliente este que pode ser interno ou externo.

No próximo passo as entradas (X's) identificadas no mapa de processo são ranqueadas conforme sua relação com as saídas (Y's). Depois de ranquear as entradas é feita a correlação entradas x saídas designando valor para cada correlação em uma escala de 0 a 10. Esta estimativa é feita de forma subjetiva.

Depois de feito isso se multiplica os dados para priorização dos possíveis X's vitais. Agora é possível identificar quais variáveis são as mais importantes para explicar a variação no Y. Na Figura 12 segue um exemplo de matriz C&E:

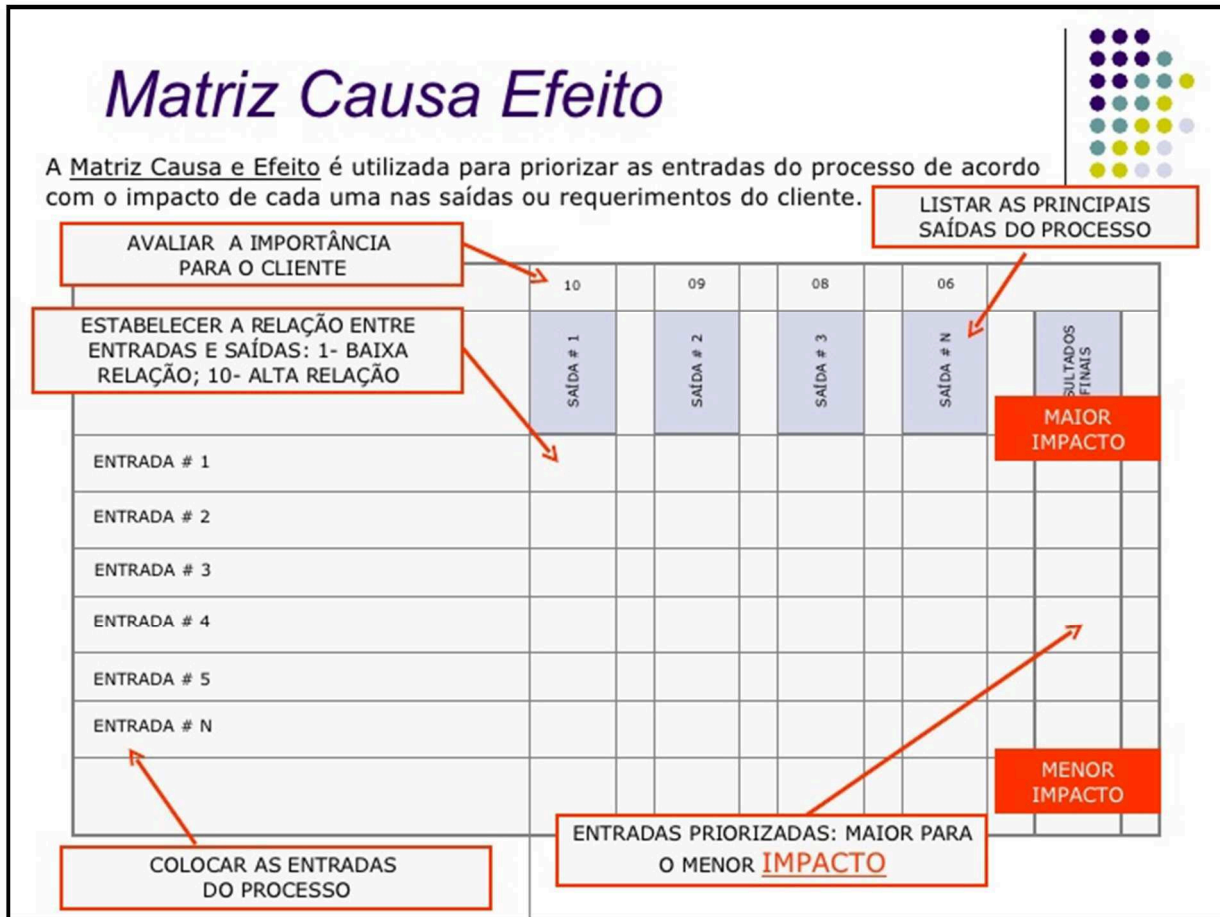


Figura 12 Matriz de Causa e Efeito

Referência: slideshare (2017)

A Matriz C&E é normalmente usada na fase de medição da metodologia.

2.4.4 Análise do Modo e Efeito Potencial de Falhas (FMEA)

A abreviação FMEA vem do seu nome em inglês que é *Failure Mode And Effects Analysis*. O FMEA consiste em um processo para:

- sistematicamente identificar potenciais falhas de um produto/processo e seus efeitos, antes que eles ocorram;

- identificar as ações que eliminariam ou reduziriam a chance dessa falha potencial ocorrer.

Pode-se dizer que o FMEA combate a Lei de Murphy, identificando se um novo produto, processo ou serviço pode falhar. O FMEA não se preocupa apenas com problemas do próprio projeto Seis Sigma, mas com outras atividades e processos relacionados ao projeto. Para utilizar o FMEA primeiro, uma lista de possíveis situações de falhas é criada e avaliada por grau de importância. Com base na lista de falhas é gerada uma lista de soluções que é posicionada a partir da eficácia com que cada uma delas resolve os problemas, isto gera pontuações que permitem que a equipe priorize o que pode dar errado e desenvolva medidas preventivas feitas para essas situações de falha.

O FMEA deve ser entendido como uma ação antes da falha e não como uma reação pós falha, pois as reações pós falha são mais custosas e causam danos maiores ao projeto. Toda falha que podemos antecipar economiza dinheiro, tempo e aumenta a qualidade do produto/serviço final, aumentando a satisfação do cliente.

Para trabalhar com o FMEA de maneira correta é necessário envolver representantes de todas as áreas afetadas, pois são estes representantes que alimentarão o processo de informações.

FMEA é um documento vivo e deve ser atualizado continuamente conforme as mudanças ocorrem. Com o FMEA é possível:

- Identificar o que pode falhar;
- Identificar como pode falhar;
- Estimar o risco da falha;
- Determinar o efeito da falha;
- Avaliar os planos de controle;
- Priorizar ações.

A Figura 13 demonstra um exemplo de planilha FMEA:

Cabeçalho	ANÁLISE DO MODO E EFEITO DAS FALHAS FMEA de Projeto () de Processo ()											FMEA N°: Página: de					
	Projeto/ Processo:		Nome/Código do Produto: Máquina/Operação:				Data Início:			Data Limite:							
	Preparado por:		Respons. Projeto/ Processo:				Revisão/ Data:			Aprovação da Gerência:							
Equipe:																	
Desenvolvimento	Item/ Etapa	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Controles atuais	Deteção Risco (NPR)	Ações recomendadas	Respons/ Prazo	Ação tomada	Resultado				
													Severidade	Ocorrência	Deteção	Risco (NPR)	

Figura 13 Planilha de FMEA

Referência: blogdaqualidade (2017)

É importante entender a diferença entre o FMEA e a matriz C&E, além da diferença visual. A matriz C&E tem um foco positivo, ela trabalha na identificação de quais X’s devemos nos concentrar para termos certeza que iremos satisfazer os requerimentos do cliente, X’s estes que são priorizados a partir da Espinha de Peixe e do Mapa do Processo. Já quando falamos do FMEA temos um foco negativo, ele trabalha em identificar como aqueles X’s podem falhar e qual é o efeito desta falha para o cliente. O FMEA prioriza os X’s no impacto no cliente. A priorização final dos X’s considera ambos os focos, o positivo e o negativo.

2.4.5 Teste de Hipóteses

No Seis Sigma, precisamos ser capazes de estabelecer um nível de confiança sobre nossas medições. Geralmente, um tamanho de amostra maior é desejável quando se roda qualquer teste, mas às vezes isso não é possível. O Teste de Hipóteses auxilia as equipes do Seis Sigma a validarem os resultados de testes usando tamanhos de amostra que vão de 2 a 30 pontos de dados.

Esta ferramenta nos ajuda julgar se a evidência é suficientemente forte para considerar alguns X's como um dos poucos vitais.

Os propósitos desta ferramenta são:

- Prover base objetiva para avaliar a evidência de nossos dados;
- Ajuda-nos a determinar se o que nós pensamos ver nos gráficos é fortemente suportado pelos dados;
- Quantificar o risco de nossa conclusão ser incorreta.

O Teste de Hipóteses nos ajuda a responder se há uma verdadeira diferença entre:

- As médias de 2 ou mais grupos;
- A dispersão dos dados em um grupo e a dispersão em outro grupo;
- A proporção de defeitos em um grupo e a proporção de defeitos em outro grupo;
- A taxa de ocorrência em um grupo e a taxa de ocorrência de outro grupo;

Existem alguns casos claros de necessidade de utilização desta ferramenta;

- Querem-se analisar as entradas (X's) para determinar se elas afetam a média da Saída (Y);
- Se queremos comparar nossa performance média versus o padrão da indústria padrão ou *benchmark*;
- Se tivermos 2 diferentes processos e queremos saber se um tem variação diferente do outro;
- Se quisermos saber se uma equipe (turno) tem uma melhor taxa proporcional de defeitos que o outro;
- Se quisermos validar uma melhoria antes de implantar no resto.

O Teste de Hipóteses é muito importante porque basicamente queremos, a qualquer momento, tomar decisões a partir de uma amostra de uma forma mais objetiva que subjetiva.

2.4.6 Carta de Controle

A Carta de Controle ou Gráfico de Controle é uma ferramenta criada pelo Dr. Walter Shewhart em 1924 para a análise e ajuste da variação de um processo em função do tempo. Na época o Dr. Walter Shewhart foi o primeiro a formalizar a distinção entre variação controlada e não controlada, que corresponde ao que chamamos de causas comuns e causas especiais, e esta ferramenta acabou surgindo da necessidade de separar esses dois tipos de causa de variação de qualidade.

As variações por causas comuns e causas especiais são definidas como:

- **Causas Comuns** - As variações provocadas por causas comuns, também conhecidas como variabilidade natural do processo, são inerentes ao processo considerado e estará presente mesmo que todas as operações sejam executadas empregando métodos padronizados. Quando apenas as causas comuns estão atuando em um processo, a quantidade de variabilidade se mantém em uma faixa estável, conhecida como faixa característica do processo. Neste caso, dizemos que o processo está sob controle estatístico, apresentando um comportamento estável e previsível.

- **Causas Especiais** - As variações por causas especiais surgem esporadicamente, devido a uma situação particular que faz com que o processo se comporte de um modo completamente diferente do usual, o que pode resultar em um deslocamento de seu nível de qualidade. Quando um processo está operando sob a atuação de causas especiais de variação dizemos que ele está fora de controle estatístico e neste caso sua variabilidade geralmente é bem maior do que a variabilidade natural. As causas especiais de variação devem ser, de modo geral, localizadas e eliminadas, e, além disto, devem ser adotadas medidas para evitar sua reincidência. Alguns exemplos de causas especiais de variação são a admissão de um novo operador, a utilização de um novo tipo de matéria-prima e o descumprimento de padrões operacionais.

Portanto, a Carta de Controle pode ser definida como um instrumento para o monitoramento da variabilidade e para a avaliação da estabilidade de um processo, ela determina se a variação está dentro dos limites normais ou se ela resulta de um problema ou de uma mudança fundamental no processo. É importante destacar que um gráfico de controle não descobre quais são as causas especiais de variação que estão atuando em um processo fora de

controle estatístico, mas ele processa e dispõe informações que podem ser utilizadas na identificação destas causas.

A Carta de Controle utiliza técnicas estatísticas para monitorar e controlar a variação dos processos. As equipes que trabalham com Seis Sigma usam gráficos de controle para conduzirem o desempenho de um processo em um eixo contra o tempo de outro eixo. O resultado é uma representação visual do processo com três componentes principais: uma linha central, um limite de controle superior e um limite de controle inferior. Podem ser utilizadas uma terceira e uma quarta linha no gráfico que representam os limites de especificação do cliente.

No gráfico da figura 14 está representada uma carta de controle:

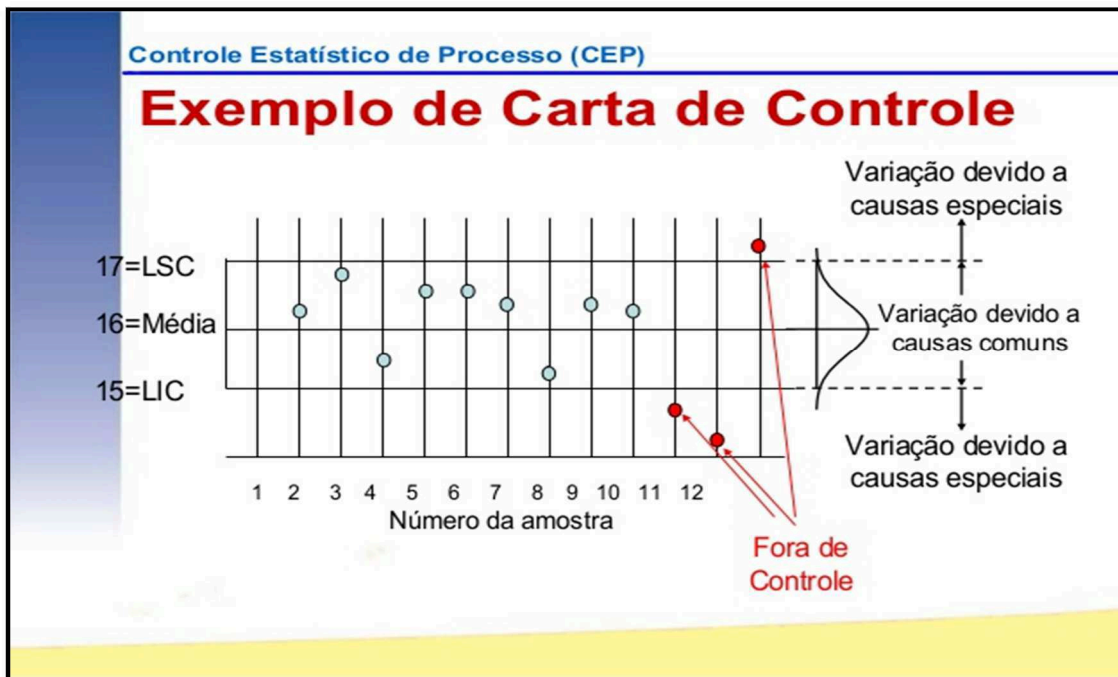


Figura 14 Carta de Controle

Referência: slideshare (2017)

2.4.7 Delineamento de Experimento (DOE)

Quando um processo é otimizado, todas as entradas são ajustadas para fornecer a melhor e mais estável saída. O difícil, claro, é determinar o que aqueles ajustes de entrada podem ser. Um Delineamento de Experimentos, ou DOE, pode ajudar a identificar os ajustes de entrada otimizados.

O DOE é uma ferramenta que nos permite obter informações sobre como os fatores X's, sozinhos e em combinação, afetam um processo e seu Y. Esta ferramenta é importante porque é a melhor maneira de determinar a relação de causa e efeito.

O DOE utiliza uma abordagem metódica, eficiente e de excelente custo benefício para coletar e analisar dados para determinar um modelo matemático que descreve a relação entre os X's e Y's de um processo, ou a melhor configuração ou combinação dos X's. Por testar mais que um fator ao mesmo tempo, o DOE é capaz de identificar todos os fatores e suas combinações que afetam os Y's do processo. Existem alguns fatores na utilização desta ferramenta que resultam em um resultado financeiro significativo:

- Por testar mais que um fator ao mesmo tempo, o DOE é capaz de identificar todos os fatores e suas combinações que afetam os Y's do processo em poucas rodadas de testes;
- Através de um delineamento balanceado, o DOE nos permite fazer interpolação de resultados;
- Através de replicações escondidas a quantidade de experimentos para alcançar o objetivo é minimizada.

O valor da economia em dinheiro com o uso do DOE aumenta, e não linearmente, conforme aumenta o número de fatores X's requeridos no estudo. O Fluxo do DOE pode ser definido conforme figura 15.

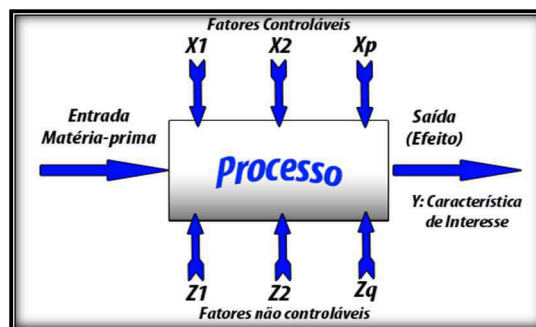


Figura 15 Fluxograma DOE

Referência: portallaction (2017)

Algumas barreiras podem impedir o efetivo uso do DOE:

- Problemas e objetivos não estão claro;
- *Brainstorming* inadequado;
- Resultados dos experimentos não são claros;

- Ter a falsa ideia que demora muito e é custoso;
- Necessidade de ter a resposta instantânea;
- Não compreensão da estratégia e das ferramentas do DOE;
- Insegurança no estágio inicial;
- Falta de orientação e suporte gerencial;
- Análise e Interpretação dos dados tendenciosa, parcial.

Realizar um DOE pode levar tempo, mas as vantagens são significativas. A maior recompensa é a compreensão adquirida no processo.

2.4.8 Benchmarking

Segundo Giovanni Moraes (2010), o processo de comparação do desempenho entre dois ou mais sistemas é chamado de *benchmarking*. Esta ferramenta é a busca das melhores práticas na indústria que conduzem ao desempenho superior. É visto como um processo positivo e proativo por meio do qual uma empresa examina como outra realiza uma função específica a fim de melhorar como realizar a mesma ou uma função semelhante.

Este processo não se limita na simples identificação das melhores práticas, mas, principalmente, na sua divulgação através das diversas técnicas do *marketing*. Esta ferramenta de melhoria permite a organização:

- medir sua *performance* ou seu processo contra outra organização que tem as melhores práticas - classe “A”;
- determinar como aquelas companhias conseguem seu nível de *performance*;
- usar a informação para melhorar sua própria performance.

As Associações e Grupos de Comércio, livrarias, internet, Conselho Estratégico Cooperativo, entre outros são algumas fontes de *benchmarking*.

Qualquer produto/serviço que existe no mercado, os quais consideraram serem melhores que aquele que temos e que podemos aprender com ele para melhorar nossos próprios produtos/serviços devem ser utilizados para fazer *benchmarking*.

Existem 4 tipos de *benchmarking*:

- **Benchmarking competitivo:** Caracteriza-se por ter como alvo específico as práticas dos concorrentes. Na prática, é o menos usual uma vez que é quase impossível que as empresas se prestem a facilitar dados que estão ligados diretamente com a sua atividade à concorrência.

- **Benchmarking interno:** A procura pelas melhores práticas ocorre dentro da própria organização em unidades diferentes (outros departamentos, sedes, etc.). Tem como vantagens a facilidade para se obter parcerias, custos mais baixos e a valorização pessoal interna. A grande desvantagem é que as práticas estarão sempre impregnadas com os mesmos paradigmas. Este é o tipo mais utilizado.

- **Benchmarking genérico:** Ocorre quando o *Benchmarking* é baseado num processo que atravessa várias funções da organização e pode ser encontrado na maioria das empresas do mesmo porte, como por exemplo, o processo desde a entrada de um pedido até a entrega do produto ao cliente. É neste tipo de *Benchmarking* que encontramos a maioria dos exemplos práticos e onde as empresas estão mais dispostas a colaborar e a ser mais verdadeiras.

- **Benchmarking funcional:** Baseado numa função específica, que pode existir ou não na própria organização e serve para trocarmos informações acerca de uma atividade bem definida como, por exemplo, a distribuição, o faturamento ou embalagem.

Por buscar os melhores produtos e as melhores práticas do mercado o *benchmarking* pode ser considerado uma ferramenta extremamente importante na busca de competitividade e melhoria de qualidade nos produtos e serviços das organizações, refletindo em ganhos financeiros.

2.4.9 Gráfico de Pareto

Para entendermos o Gráfico de Pareto é interessante que se conheça antes o Princípio de Pareto. Analisando a distribuição da renda entre os cidadãos, o economista italiano Vilfredo Pareto concluiu que a maior parte da riqueza pertence a poucas pessoas. Essa mesma conclusão foi depois constatada em outras situações, sendo estabelecida a relação que ficou conhecida como Princípio de Pareto ou o princípio 80-20. Segundo este princípio 20% das causas são responsáveis por 80% dos efeitos. O Princípio de Pareto foi sugerido por Joseph M. Juran, que deu o nome em honra ao economista italiano.

No campo da qualidade o Dr. Juran aplicou esse princípio demonstrando que alguns poucos fatores são responsáveis pelas maiorias dos efeitos observados, com base no exposto

ele estabeleceu um método que permite classificar os problemas da qualidade, identificando os problemas e denominando-os como:

- ***poucos vitais*** – representam um pequeno número de problemas, mas que no entanto resultam em grandes perdas para a empresa.
- ***muitos Triviais*** – uma extensa lista de problemas, mas que apesar de seu grande número, convertem-se em perdas pouco significativas.

Esse método foi denominado por Dr. Juran como Análise de Pareto. A forma gráfica de apresentar os dados estudados por esse método ficou conhecida como Gráfico de Pareto ou Diagrama de Pareto.

O Gráfico de Pareto é um gráfico de barras verticais, que dispõe os itens analisados desde o mais frequente até o menos frequente. Esta ferramenta tem como objetivo estabelecer prioridades na tomada de decisão, a partir de uma abordagem estatística, com isso ele nos permite concentrar esforços em áreas onde podem ser obtidos maiores ganhos.

Os passos para construir um Gráfico de Pareto são:

- Defina o objetivo da análise (por exemplo: índice de rejeições);
- Estratifique o objeto a analisar (índice de rejeições: por turno; por tipo de defeito; por máquina; por operador; por custo);
- Colete os dados, utilizando uma folha de verificação;
- Classifique cada item;
- Reorganize os dados em ordem decrescente;
- Calcule a porcentagem acumulada;
- Construa o gráfico, após determinar as escalas do eixo horizontal e vertical;
- Construa a curva da porcentagem acumulada, ela oferece uma visão mais clara da relação entre as contribuições individuais de cada um dos fatores.

Na figura 16 temos um exemplo de Gráfico de Pareto:

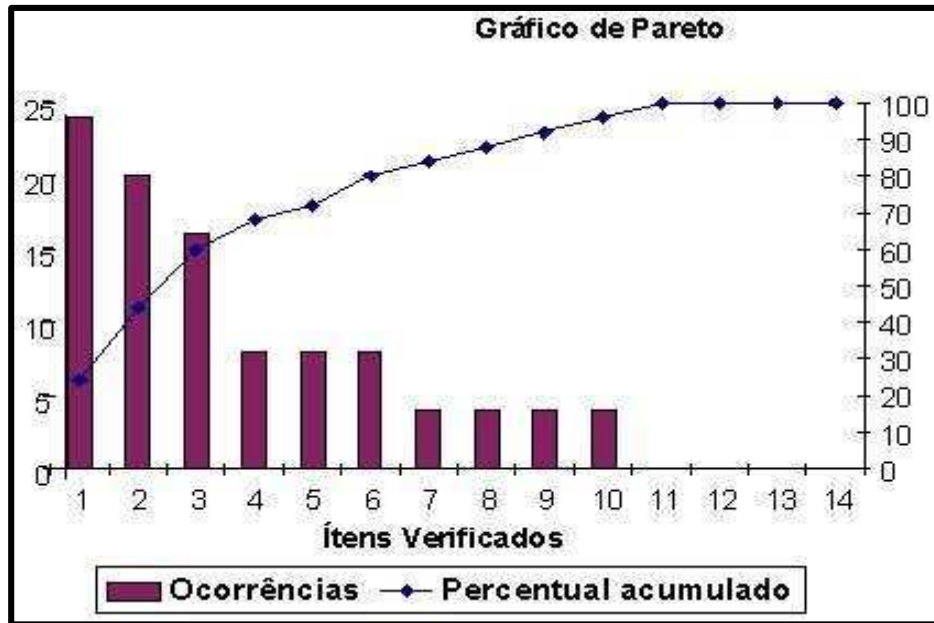


Figura 16 Gráfico de Pareto

Referência: Bibliodigital (2017)

Para utilizar corretamente esta ferramenta é extremamente importante não deixar de usar o bom senso, pois nem sempre os eventos mais frequentes ou de maior custo são os mais importantes. Por exemplo, dois acidentes fatais requerem maior atenção que 100 cortes no dedo.

2.4.10 Gráfico de Dispersão

O diagrama de dispersão, normalmente é utilizado para identificar a correlação e estabelecer associação entre dois fatores ou parâmetros, entretanto Slack (2006) afirmam que o gráfico de dispersão apenas permite identificar a relação entre as variações, e não necessariamente a existência de um relacionamento de causa-efeito.

Cooper e Shindler (2003) afirmam que os diagramas de dispersão são essenciais para compreender as relações entre as variações, pois fornecem um meio para a inspeção visual dos dados que uma lista de valores para as variáveis não pode fornecer. Já que em um diagrama são transmitidas as direções e as formas de relações entre as variáveis.

O gráfico de dispersão é utilizado com o objetivo de aumentar a eficiência de métodos de controle de processo, detectar problemas e auxiliar no planejamento de ações de melhoria.

Na figura 17 temos um exemplo de gráfico de dispersão:

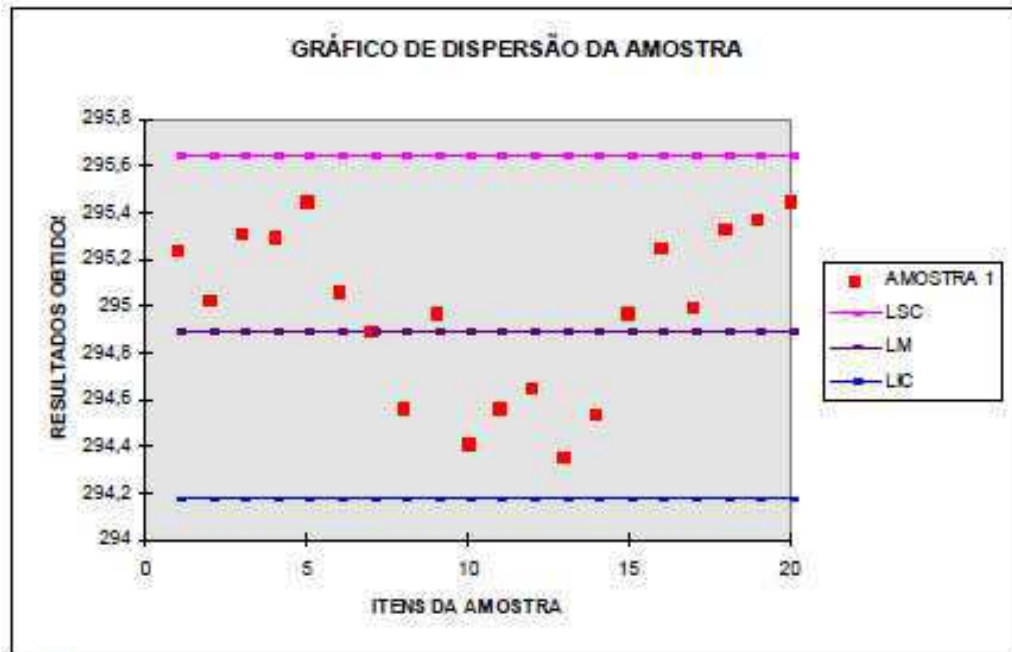


Figura 17 Gráfico de Dispersão

Referência: marketingfuturo (2017)

O Gráfico de Dispersão, na Figura 18 tem diferentes classificações dependendo da posição dos pontos no gráfico e da intensidade de relação, são elas:

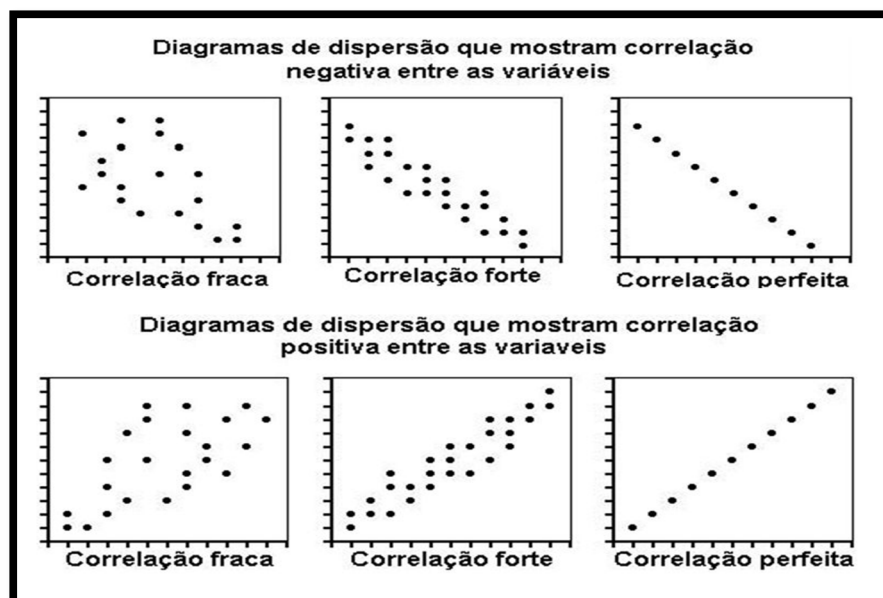


Figura 18 Tipos de Gráficos de Dispersão

Referência: slideplayer (2017)

2.5 Construção Civil

Segundo Costa e Rosa (2009) sejam edificações ou obras de engenharia e arquitetura, em seus mais diversos portes, obrigatoriamente se faz presente no dia a dia das pessoas. Qualquer que seja o parâmetro que se utilize: volume de inversão, número de empregados, capital investido, produtos entre outros, certamente sobre ela irá ser depositado os anseios e expectativas de qualidade para o consumidor (investidor) e, para os construtores.

Porém, este é um cenário, onde muitos intervenientes no momento da concepção e execução da obra podem ocorrer. As reclamações durante esse período são constantes, e, por causa disso, passou a ser uma preocupação para os profissionais de engenharia e arquitetura desde a etapa de projeto até a conclusão da obra, e, mais ainda, todo o processo das fases de execução. Desta forma, a busca pela qualidade tornou-se uma necessidade para os profissionais atuantes nos diversos setores da engenharia civil.

Assim, em seu artigo Helene e Terzian (2002), sugerem que mediante esta preocupação com qualidade, o processo de construção civil seja dividido em quatro etapas, a saber: Planejamento; Projeto; Fabricação de Materiais e componentes fora do canteiro de obras e, execução propriamente dita. Os autores ressaltam a importância de após o término da obra, seguir-se a etapa de uso, que contempla as atividades de operação e a de manutenção. Isso porque, o nível de satisfação do usuário e o desempenho da obra dependem muito da qualidade das quatro primeiras etapas, em especial as de planejamento e projeto, ou seja, a observação dos aspectos e níveis de qualidade de um projeto pode ser determinante para a obtenção de um excelente produto final.

Há vários anos, os agentes de projetos e execução do setor da construção civil no Brasil, têm dedicado esforços significativos para a implementação dos princípios de gestão da qualidade nas empresas construtoras e nos canteiros de obras de edifícios, trazendo uma evolução apreciável para as práticas de gestão adotadas nesse segmento.

O Governo Federal, preocupado com a qualidade na indústria brasileira, criou em 1990, o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade – PBQP. O objetivo principal deste programa era modernizar a cadeia produtiva nacional, dar orientação e auxiliar as empresas no enfrentamento da abertura comercial brasileira. Com seu desdobramento posterior, e com foco na construção civil, criou-se em 1998 o PBQP-H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade na construção habitacional.

A partir do ano 2000 o PBQP-H teve seu escopo ampliado para Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat, e no ano 2003, foi absorvido pelo Ministério das Cidades (SANTOS, 2003).

O objetivo geral do PBQP-H é *“apoiar o esforço brasileiro de modernidade pela promoção da qualidade e produtividade do setor de construção habitacional, com vistas a aumentar a competitividade de bens e serviços por ele produzidos, estimulando projetos que melhorem a qualidade do setor.”*⁴

⁴ Afirmação extraída do site <http://www.cidades.gov.br/pbqp-h> acesso em 03 de janeiro de 2017

3 METODOLOGIA

Com o objetivo de obter eficácia na execução das vigas pré-moldadas utilizadas para a construção de um viaduto de uma determinada obra de construção civil, a fim de não haver perdas devido à baixa resistência a compressão, foi aplicada a ferramenta DMAIC para identificar a causa do problema que as mesmas vinham apresentando.

Para aplicar a ferramenta DMAIC, a empresa contou com uma equipe composta pelo Green Belt, pelo Champion do projeto, pelo Dono do processo que aqui é representado pelo encarregado de laboratório e com a colaboração de todos da cadeia produtiva. O objetivo da equipe foi a troca de conhecimento e o entendimento do processo como um todo.

Com a equipe formada, foi feita reuniões para identificar as possíveis causas das ocorrências de baixa resistência a compressão das vigas pré-moldadas, onde foi levantado várias hipóteses para as causas.

Foram identificadas todas as vigas que estavam fora do especificado em projeto e após o levantamento das possíveis causas, foi realizado visitas de inspeção na usina de concreto e foi identificado falhas no processo, como por exemplo, a falta de controle dos agregados, armazenamento incorreto e mistura de materiais que compõe o concreto aplicado as vigas.

Foi verificado também, já no recebimento do concreto, falhas na moldagem, no transporte dos corpos de prova na execução do ensaio dentre outros.

Diante dos resultados das inspeções, identificados na aplicação da Matriz de Causa e Efeitos, foram verificadas várias não conformidades com diferentes níveis de importância, onde foi dada atenção para as não conformidades de alto impacto no resultado da fabricação das mesmas.

A equipe envolvida elaborou um plano de ação para solucionar as não conformidades evidenciadas.

4 RESULTADOS

Serão descritos os resultados de cada uma das etapas da Ferramenta DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar) aplicada para identificar e corrigir o problema apresentado nas vigas pré-moldadas utilizadas no Viaduto.

4.1 Definir:

A fase “Definir” é a primeira fase da metodologia DMAIC. O objetivo desta fase é refinar o entendimento que o time do projeto tem a respeito do problema a ser tratado.

A fase “Definir” contempla os seguintes elementos:

- 4.1.1 Declaração do Problema:** determina o foco do projeto através da descrição da situação que deve ser melhorada. Deve definir e quantificar claramente o problema, identificar a performance atual do processo e sua relação com o cliente.
- ✓ Identificado que o problema é a baixa resistência à compressão das vigas pré-moldadas e feito a quantificação do total de vigas rejeitadas.

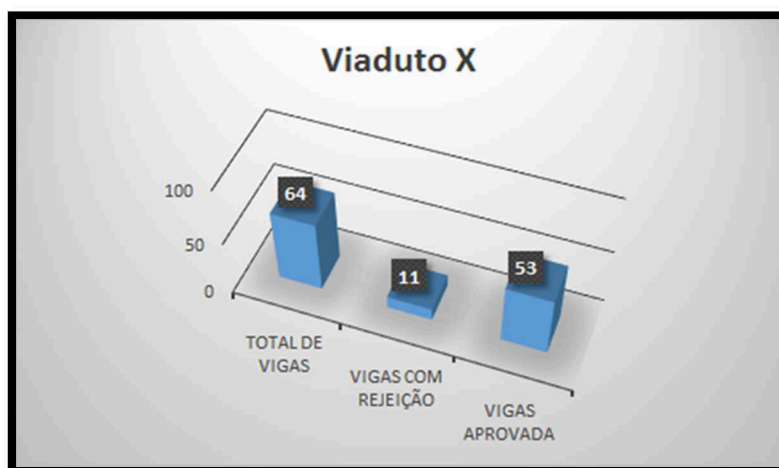


Figura 19 Definição do Problema

- 4.1.2 Mapeamento do Processo :** permite o melhor entendimento do processo e de suas atividades, através de uma representação gráfica. Possibilita a identificação dos

recursos utilizados, gargalos, interrupções no processo e atividades que não agregam valor, e que são passíveis de melhorias no processo.

Segue abaixo na figura 20, o Fluxograma do processo de concretagem das vigas que permitiu identificar onde estavam as falhas.

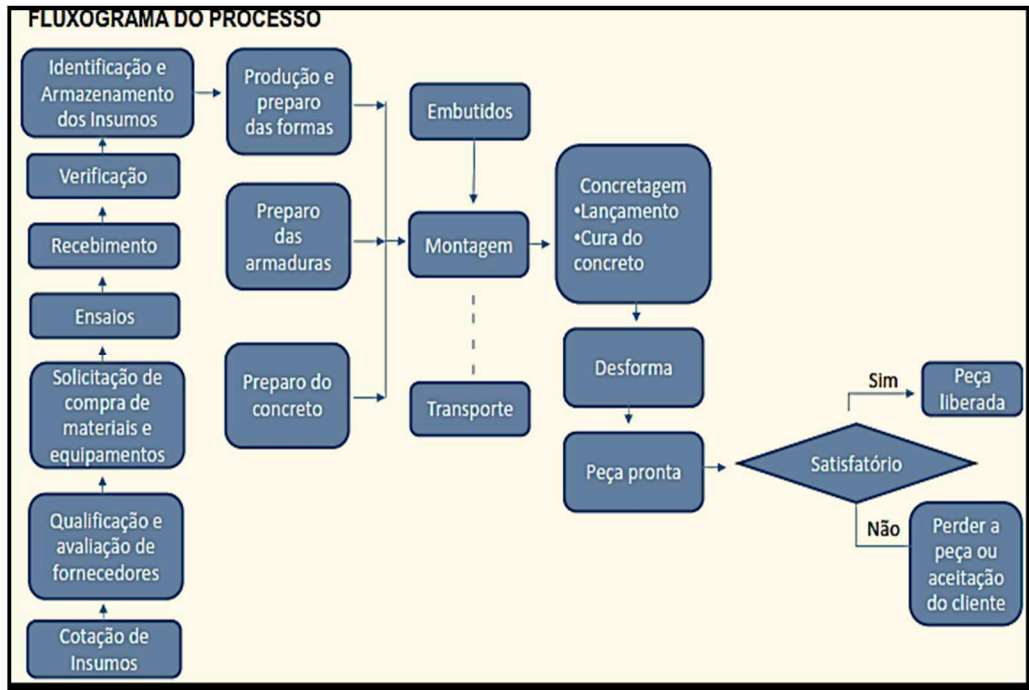


Figura 20 Fluxograma do Processo

4.1.3 Voz do Cliente – VOC: O cliente, interno ou externo, é a pessoa ou processo mais impactado pelo problema. A “Voz do Cliente” (VOC – Voice of Customer) é a declaração do problema sob o ponto de vista do cliente.

Foi definido a Voz do Cliente: Identificado que as Vigas de números 22,50,51,52,53,55,56,60,61,63 e 64 estavam com resistência abaixo do especificado no projeto.

4.1.4 Crítico para o Cliente – CTC : identifica as características do produto ou serviço que são importantes para o consumidor, relacionando o projeto à satisfação do cliente.

Foi definido o CTC: Resistência das Vigas conforme especificado no projeto.

4.1.5 Definição do Defeito - $Y = f(x)$: relaciona o item Crítico para o Cliente com as variáveis do processo. Isto é, indica qual a característica do processo que está relacionada com o problema apontado pelo cliente.

Definido o Problema: Baixa resistência à Compressão.

4.1.6 Escopo do Projeto: O Escopo do Projeto é a extensão na qual as variáveis ou fatores serão medidos e analisados para atingir a melhoria do processo, garantindo que o projeto não seja tão extenso nem tão restrito para sua conclusão.

Definido o Escopo: : Fornecimento de vigas pré-moldadas.

O projeto irá atuar nos seguintes processos:

- Qualificação e avaliação de fornecedores;
- Ensaio;
- Recebimento;
- Identificação e armazenamento de insumos.

4.1.7 O Custo da Falta de Qualidade (Cost of Poor Quality – COPQ) representa o custo referente aos erros e ineficiências do processo que resultam no problema. O COPQ quantifica os custos a serem eliminados e, conseqüentemente, os benefícios que podem ser atingidos com a implementação do projeto. Deve abranger os custos internos, externos, custos de prevenção e de detecção. Também pode ser representado pelos desperdícios causados pelo problema, e que serão eliminados com a implementação do projeto.

Foi identificado nesta etapa um alto custo com mão de obra parada, estudos, consultoria, troca de fornecedor, perda de material, não cumprimento de cronograma de montagem das vigas nas estruturas do viaduto.

4.1.8 Objetivo do Projeto: Na fase “Definir”, também deve ser estipulado o objetivo do projeto, isto é, qual a contribuição que se espera do projeto aos indicadores e objetivos da organização.

Deve-se, portanto, determinar quais são os resultados específicos a serem obtidos, e qual melhoria é esperada com a implementação do projeto, isto é, qual a redução ou melhoria resultará em um impacto significativo para o processo e o negócio.

Definição do Objetivo : Obter eficácia na execução de vigas pré-moldadas em concreto, a fim de não haver perdas devido à baixa resistência a compressão.

4.2 Medir:

A fase “Medir” (Measure) é a segunda fase da metodologia DMAIC. O objetivo desta fase é avaliar a performance do processo e entender as possíveis variáveis que impactam nos seus resultados.

A melhoria de processos depende da identificação das poucas variáveis vitais que influenciam o comportamento do processo. A única maneira de fazer isso é medir e observar as características do processo e o que é crítico para a qualidade.

4.2.1 Análise de Causa e Efeito:

A análise de causas e efeitos em um projeto Green Belt relaciona o diagrama de causa e efeito (ou Ishikawa) e a matriz de causa e efeito.

9 - Alto impacto 3 - Médio impacto 1 - Baixo impacto		Matriz de Causa e Efeito						
		Impacto	9	2	3	4	5	
			1					
Possíveis Causas		Vigas de concreto pre moldado com baixa resistência						Total
1	Falha na dosagem do concreto	3						27
2	Má execução do ensaio	3						27
3	Tomada inadequada da amostra	1						9
4	Técnicas inadequadas de compactação	1						9
5	Falha no processo de recebimento do concreto	3						27
6	Transporte inadequado dos CPs para análise	3						27
7	Armazenamento inadequado dos CPs	3						27
8	Cura inadequada	1						9
9	Prensa mal calibrada ou não calibradas	1						9
10	Falta de controle dos elementos que compõem o concreto aplicado à viga	9						81
11	Mistura de materiais que compõem o concreto aplicado à viga	9						81
Total		37						162

Figura 21 Matriz de Causa e Efeito

Foi feita a Matriz de Causa e Efeito e identificado as causas que estavam impactando no resultado final das vigas, onde foram encontrados duas causas com alto impacto, sendo elas:

- 1- Falta de controle dos elementos que compõem o concreto aplicado à viga
- 2- Mistura de materiais que compõem o concreto aplicado a viga

4.2.2 Diagrama de Causa e Efeito:

O Diagrama de Causa e Efeito é uma ferramenta para levantar as possíveis causas de um efeito. Essas causas podem ser divididas de forma padronizada, ou de acordo com as características do processo a ser estudado.

Para Projetos Técnicos pode ser chamado de 6 M, que nos permite saber onde estão as causas das falhas.

- Máquina
- Mão-de-obra
- Material
- Método
- Medição
- Meio-ambiente (ambiente)

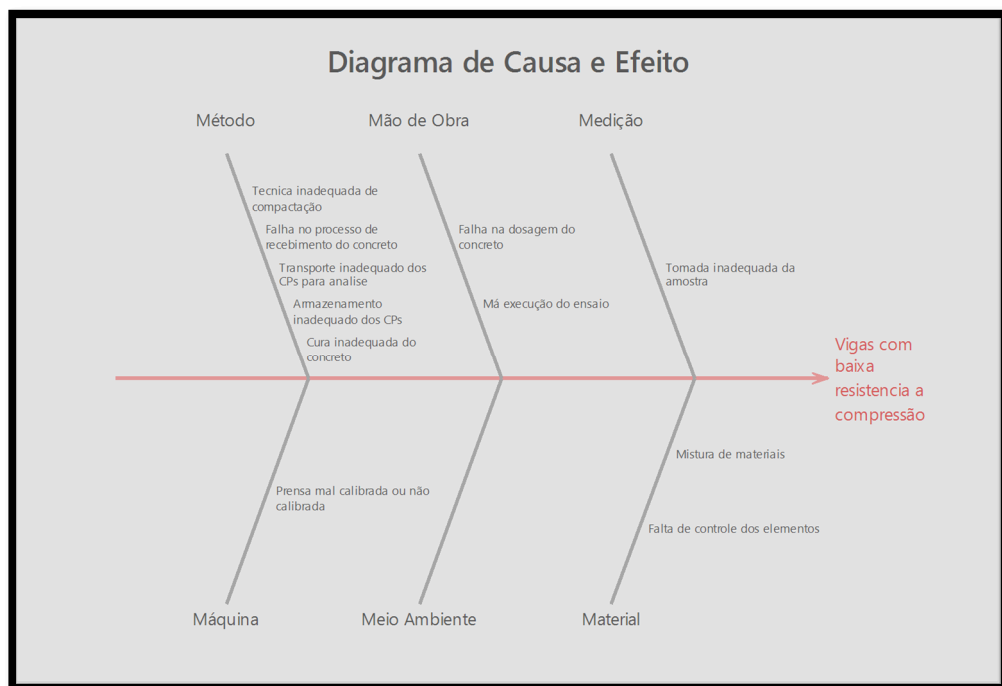


Figura 22 Diagrama de Causa e Efeito ("Espinha de peixe")

Após elaborar a Matriz de Causa e Efeito e identificar as Causas de Alto Impacto no processo, foi feito o Diagrama de Causa e Efeito para identificar onde estavam ocorrendo as falhas e foi identificado que estava no item Material, observou-se que havia falta de controle dos elementos que compõem o concreto aplicado à Viga Pré-moldada e mistura de materiais que compõem o concreto aplicado à viga.

4.2.3 Diagrama de Pareto

Um gráfico de Pareto classifica as ocorrências de um processo (defeitos, causas, etc) da maior para a menor contribuinte.

Pode ser utilizado como ferramenta de priorização, utilizando-se as causas e os totais da matriz de causa e efeito para determinar quais causas devem ser priorizadas.

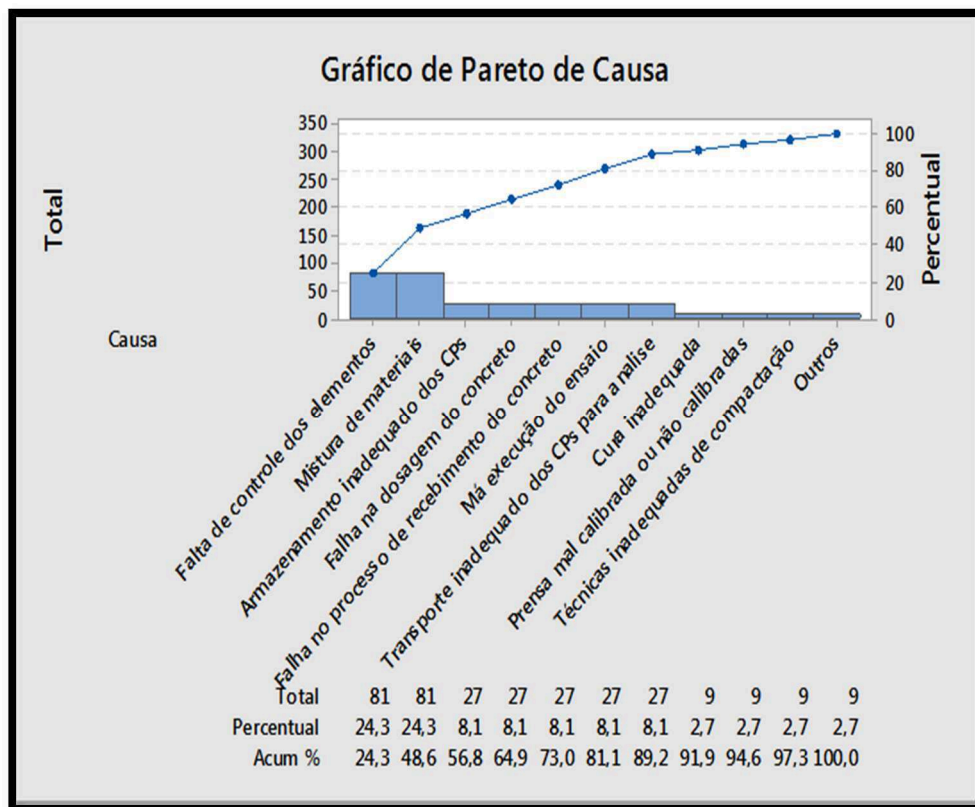


Figura 23 Gráfico de Pareto de Causa

Foi feito o Gráfico de Pareto para constatar as causas com maior impacto no processo: foi identificado a Falta de controle dos elementos que compõem o concreto aplicado à Viga Pré-moldada e Mistura de materiais que compõem o concreto aplicado à viga.

4.2.4 Ação de Contenção

A ação de contenção visa eliminar o efeito de um problema.

Na fase “Medir”, deve-se estabelecer uma ação de contenção para o efeito tratado pelo projeto, quando possível, visando obter a melhoria da performance até que as causas do problema sejam analisadas e as ações corretivas implementadas

Devem ser estabelecidos os responsáveis pela ação, bem como os níveis de detecção anteriores e posteriores à implementação da ação de contenção, para validar sua eficácia.

Nesta fase, foi elaborado um plano de ação de contenção para melhorar o processo, foi encontrado então, 17% de rejeição das vigas.

Ação de Contenção	Quem	Data	Antes	Depois
1-Acompanhar o recebimento dos agregados e armazenamento.	Enc. Laboratório	Fev-2015	17%	
2-Verificar o processo de dosagem do concreto na concreteira.	Enc. Laboratório	Fev-2015	17%	

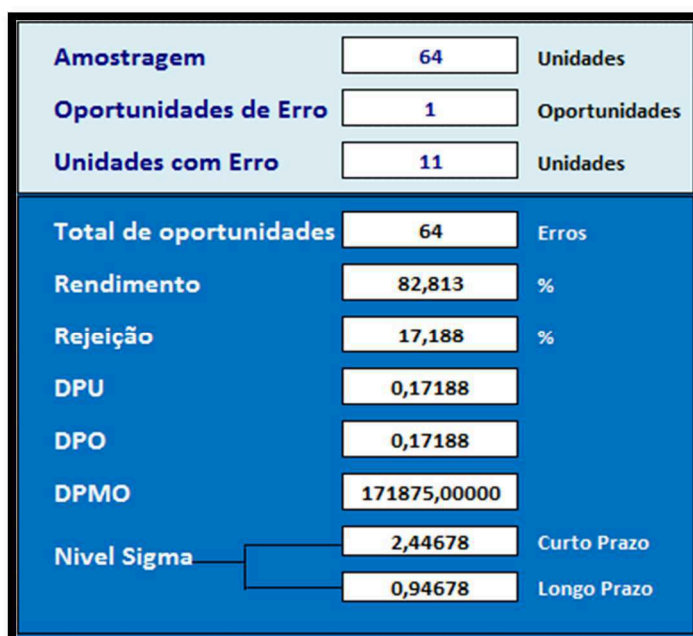


Figura 24 DPMO (Defeito por Milhões de Oportunidade)

4.3 Analisar

Chegamos na fase Analisar do projeto Green Belt 6-Sigma. Na fase Analisar, o time do projeto analisa as causas do projeto através da verificação dos dados, observações do processo ou experimentos e simulações.

O objetivo desta fase é permitir que o time avalie os dados levantados sobre o projeto e valide as causas raiz (X's) que impactam no efeito (Y) que está sendo estudado no projeto. Neste caso, foi analisado o processo.

X1 – Falta de controle dos elementos que compõem o concreto aplicado à Viga Pré-moldada.

Durante a análise do processo na concreteira, foi identificado que não estavam controlando a forma de recebimento, armazenamento e a qualidade dos agregados aplicados na mistura de concreto.

A falta de controle na qualidade destes produtos aplicado na mistura de concreto, impactou no resultado dos ensaios de resistência a compressão que ficaram situados aquém do valor especificado em projeto.

X2 – Mistura de materiais que compõem o concreto aplicado à viga.

Durante a análise do processo na concreteira, foi identificado que havia mistura de diferentes tipos de areia com procedência desconhecida na composição do concreto.

A mistura de diferentes tipos de areia de procedência desconhecida na composição do concreto, contraria a determinação do traço de concreto aprovado para a fabricação das vigas que impacta nos resultados dos ensaios de resistência do concreto.



Figura 25 Fotos de Agregados

4.4 Implementar:

Na fase implementar, iremos levantar e testar soluções potenciais para as causas identificadas na fase de análise, para possibilitar a implementação de melhorias no processo.

O objetivo desta fase é desenvolver, implementar e validar alternativas de melhoria para alcançar os níveis de desempenho desejados pelo cliente, conforme definido pelo CTQ.

Esta fase começa com o levantamento de alternativas para as causas potenciais e implementação destas ações, e termina com a validação para determinarão se as melhorias geraram benefícios ou não ao processo.

Nesta fase, diante das causas apuradas com maior impacto ao processo, foram implementadas ações para a solução do problema, conforme plano de ação abaixo:

X1 – Falta de controle dos elementos que compõem o concreto aplicado à Viga Pré-moldada.

Ação de Implementação para XI	Quem	Data	Situação
1-Verificar o processo de fabricação do concreto junto a usina, checando umidade de agregados, armazenamento de materiais, dosagem x traço aprovado	Enc. Laboratório Setor Qualidade	Maio 2015	Implementado
2- Realizar treinamento interno (teórico e prático) ao moldador de CPs	Enc. Laboratório Setor Qualidade	Maio 2015	Implementado
3- Acompanhar rompimento dos corpos de prova no laboratório, a fim de verificar se o processo está em conformidade	Enc. Laboratório Setor Qualidade	Maio 2015	Implementado
4-Acompanhar resultados de peças confeccionadas a partir da abertura da NC a fim de detectar se houve novos resultados abaixo do especificado em projeto	Enc. Laboratório Setor Qualidade	Maio 2015	Implementado
5-Contratar novo fornecedor de concreto para obra	Enc. Laboratório Setor Qualidade	Maio 2015	Implementado
6-Realizar consulta técnica para as vigas reprovadas	Enc. Laboratório Setor Qualidade	Maio 2015	Implementado

X2 – Mistura de materiais que compõem o concreto aplicado à viga.

Ação de Implementação para X2	Quem	Data	Situação
1-Checar junto a usina de concreto a qualidade e procedência de todos os agregados utilizados na mistura de concreto	Enc. Laboratório Setor Qualidade	Maio 2015	Implementado
2-Verificar o armazenamento de todos os agregados da mistura de concreto	Enc. Laboratório Setor Qualidade	Maio 2015	Implementado
3-Acompanhar o processo de dosagem do concreto	Enc. Laboratório Setor Qualidade	Maio 2015	Implementado
4-Elaborar procedimento de recebimento de concreto na frente de serviço	Enc. Laboratório Setor Qualidade	Maio 2015	Implementado
5-Contratar novo fornecedor de concreto para obra	Enc. Laboratório Setor Qualidade	Maio 2015	Implementado
6-Realizar consulta técnica para as vigas reprovadas	Enc. Laboratório Setor Qualidade	Maio 2015	Implementado

ANTES

Amostragem	<input type="text" value="64"/>	Unidades
Oportunidades de Erro	<input type="text" value="1"/>	Oportunidades
Unidades com Erro	<input type="text" value="11"/>	Unidades
Total de oportunidades	<input type="text" value="64"/>	Erros
Rendimento	<input type="text" value="82,813"/>	%
Rejeição	<input type="text" value="17,188"/>	%
DPU	<input type="text" value="0,17188"/>	
DPO	<input type="text" value="0,17188"/>	
DPMO	<input type="text" value="171875,00000"/>	
Nível Sigma	<input type="text" value="2,44678"/>	Curto Prazo
	<input type="text" value="0,94678"/>	Longo Prazo

DEPOIS

Amostragem	<input type="text" value="85"/>	Unidades
Oportunidades de Erro	<input type="text" value="1"/>	Oportunidades
Unidades com Erro	<input type="text" value="0,1"/>	Unidades
Total de oportunidades	<input type="text" value="85"/>	Erros
Rendimento	<input type="text" value="99,882"/>	%
Rejeição	<input type="text" value="0,118"/>	%
DPU	<input type="text" value="0,00118"/>	
DPO	<input type="text" value="0,00118"/>	
DPMO	<input type="text" value="1176,47059"/>	
Nível Sigma	<input type="text" value="4,54164"/>	Curto Prazo
	<input type="text" value="3,04164"/>	Longo Prazo

Após a implementação da Ferramenta DMAIC, com o controle intenso no processo de concretagem das Vigas durante aproximadamente seis meses, não foram detectadas falhas no processo, após este período houve o término da obra.

4.5 Controlar:

Na fase controlar, iremos institucionalizar as melhorias de processos e monitorar seu desempenho para sustentar os ganhos obtidos com as ações implementadas anteriormente.

O objetivo desta fase é consolidar as melhorias testadas na fase anterior do projeto através de ações para eliminar a possibilidade de recorrências do problema e também do monitoramento do desempenho do processo.

X1 – Falta de controle dos elementos que compõem o concreto aplicado à Viga Pré-moldada.

- A usina de concreto foi substituída.
- A nova usina de concreto apresenta periodicamente os ensaios dos insumos e do concreto.
- Foi elaborado procedimento de recebimento de insumo de concreto para a nova usina.
- Foi realizado treinamento com todos os envolvidos e responsáveis pelos insumos do concreto.
- A nova usina de concreto apresentou todos os certificados de aprovação de ensaios na entrega dos materiais/ insumos.
- Foi elaborado plano de calibração dos equipamentos para nova usina.
- Foi verificado a calibração de todos os equipamentos da nova usina e verificado todos os certificados de calibração dos mesmos.

X2 – Mistura de materiais que compõem o concreto aplicado à viga.

- Foi criada rotina de visitas periódicas a nova usina para verificar os insumos para execução de concreto;
- Foi criada identificação nas baias de materiais com exposição de certificado de ensaios e sua validade e procedência dos insumos;

Fotos do Processo de Concretagem das Vigas



Figura 26 Fotos de Corpos de Prova



Figura 27 Fotos da Concretagem das Vigas



Figura 28 Fotos do Teste de Resistência à Compressão



Figura 29 Fotos das Vigas Prontas

5 CONCLUSÃO

A aplicação do Seis Sigma na Construção Civil, mostrou ser bastante eficiente para a empresa garantir a satisfação do cliente.

Dentro deste contexto o tema deste trabalho torna-se relevante visto que o mesmo pode proporcionar a obtenção de conceitos úteis ao ambiente da construção civil e difundir o Seis Sigma para o setor da construção ajudando a controlar as perdas e as não conformidades, ou seja, a variabilidade da produção.

O plano de ação implementado e controlado pela empresa veio reforçar o requisito 8.4 da ISO 9001:15 Controle de processos, produtos e serviços providos externamente, nos mostrou a necessidade de conhecer o processo como um todo.

Como a obra é de curto prazo, a melhoria no processo através da implantação e controle do Seis Sigma, proporcionou um ganho a empresa, após a implementação e controle da ferramenta não foi identificado nenhuma não conformidade relacionada com a resistência a compressão das Vigas de Concreto Pré Moldadas, concluímos que a empresa obteve **0,12% de rejeição**. Sendo assim, podemos concluir que teve **um rendimento de 99,88% na fabricação das vigas de concreto pré moldadas**.

Com o sucesso da aplicação do Seis Sigmas na área da Construção Civil, a empresa **pode eliminar o custo em razão da falta de qualidade** (mão de obra parada, estudos, consultoria, troca de fornecedor, perda de material, não cumprimento de cronograma de montagem das vigas nas estruturas do viaduto acarretando em multa contratual, que **chegou a ter um custo de 732.000,00**).

Podemos concluir que a aplicação do Seis Sigma foi um sucesso permitiu a empresa identificar claramente os processos, recursos e as causas do problema atuando rapidamente para a solução.

6 REFERÊNCIAS

ALVES, T. C. L.; MILBERG, C.; WALSH, K. D. Exploring lean construction practice, research and education. **Journal of Engineering Construction and Architectural Management**, v. 19, n. 5, p. 512-525, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 9001: **sistema de gestão da qualidade**: requisitos. Rio de Janeiro, 2015

ALLEN, J. H. Make lean manufacturing work for you. *Manufacturing Engineering*, v. 6, p. 54-64, 2000.

ASSUMPÇÃO, J. F. P. **Gerenciamento de empreendimentos na construção civil**: modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios. 2006. 206 f. Tese (Doutorado em Engenharia industrial) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding production from uncertainty: first step in an improvement strategy. In: **ENCONTRO NACIONAL DE PROFISSIONALES DE PROJECT MANAGEMENT**, 1996, Santiago. Anais... Santiago: 2006

BARROS NETO, J. P. The relationship between strategy and lean construction. In: **CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION**, 10, 2002, Porto Alegre. Anais... Gramado: Porto Alegre, 2002. p. 427-438. Artigo técnico..

BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas da construção civil**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003.

BERTELS, T. S. **Seis Sigma e Leadership**. São Paulo: Nobel, 2003

CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração**, Editora Campus. 2010

CORIAT, B. **Pensar pelo avesso**: o modelo japonês de trabalho e organização. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008

CAMPOS, V. F. **Qualidade Total, Padronização de Empresas**. Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2006

CARVALHO, M. M. **Gestão da qualidade**: teoria e casos. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2005. 355p.

_____. **A busca da Qualidade Total**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2002, 2ª Edição.

CORREA H. L., GIANESI G. N. **Just in Time, MRPII e OPT**: um enfoque estratégico. 2ª edição São Paulo, 1996

COSSA, S. **Os Sete tipos de desperdícios**. Lean & Supply Chain Management (Apostila de treinamento de curso interno). Ind.Grammer do Brasil, 2008.

COSTA, Maria Lívia; ROSA, Vera Lúcia. **Seis Sigma no Canteiro de Obras**. Ed.O Nome da Rosa. São Paulo. 2009

CERQUEIRA NETO, E. P. **Gestão da qualidade**: princípios e métodos. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 2001

DEMING, EDWARDS W. **Qualidade**: a revolução na produtividade. Rio de Janeiro, Marques Saraiva, 2004

DEMING, Walter Edwards. **Gestão da Qualidade Total**. Rio de Janeiro: Saraiva 2007

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

FARIAS FILHO, J. R.; SANTOS, F. A. A integração da Lean Construction com a Green Building no desenvolvimento de um modelo de construção civil enxuto e sustentável: o modelo Lean + Green. In: Simpósio de Engenharia de Produção, 11., 2004, Bauru. **Anais...** Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 2008

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GODINHO FILHO M.; FERNANDES, F.C. Manufatura Enxuta – Uma Revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de melhorias futuras. **Gestão & Produção**. São Carlos, v. 11, n.1. p.1-19, 2004

GEORGE, M. L. Lean Six Sigma para serviços. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003. 436 p.
PACE, João Henrique. **O Kanban na Prática**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

GHINATO, P. **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**. Editores Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza. Recife: UFPE, 2000.

HARRY D.; SCHROEDER, R. **Six Sigma**: the breakthrough management strategy revolutionizing the World's Top Corporation. New York, Doubleday, 2000.

HEINECK, L. F. M.; MACHADO R. L. A Geração de cartões de produção na programação enxuta de curto prazo e obra. In: **II Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização Trabalho no Ambiente construído – SIBRAGEC**. 2, 2001, Fortaleza. Anais. Fortaleza, 2001

HEINECK, L. F. M., et al. Layout de canteiro de obras da construção civil. In: **Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP**, 1996, Piracicaba. Anais. Piracicaba: Unimep. 2004

HELENE, Paulo R.L., TERZIAN, Paulo. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: PINI; Brasília, DF: SENAI, 2002.

HIROTA, E. H.; FORMOSO, C.T. O Processo de aprendizagem na transparência dos conceitos e princípios da produção enxuta para a construção. In: Encontro Nacional da Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC 7, 2000. Salvador. **Anais**. Salvador, 2000

JOHNSTON, R. B. Making manufacturing practices tacit: a case study of computer-aided production management and lean production. *Journal of the Operational Research Society*, v. 46, p. 1174-1183, 2002

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction .Stanford, CIFE, agosto 1992. **Technical Report** n° N° 72.

_____ **Towards the theory of (lean) construction.** In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 4, 1996, Birmingham. *Proceedings...* Birmingham: University of Birmingham, 1996.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. - **Fundamentos de metodologia científica.** 4.ed., São Paulo, Atlas, 2001. 288p.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota:** 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Tradução de Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2005. Título original: The Toyota way.

_____ **Becoming Lean:** Inside Stories of manufactures U.S. Portland (OR): Productivity Press, 2003.

_____ **The Toyota Way:** 14 management principles from the world's greatest manufacturer. New York: McGraw-Hill, 2004

LORENZON, I. A.; MARTINS, R. A. Discussão sobre a medição de desempenho na lean construction. In: **Simpósio de Engenharia de Produção**, 13., 2006, Bauru. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 2008. p. 1-10.

MELO, M.B. RODRIGUES, J.S. **Modelo estruturado para a implementação do lean production.** Rio de Janeiro, RJ. 2003

MIGUEL, P. A. C. **Quality movement continues growth in Brazil.** Quality Progress, v. 35, n. 2, p. 70-73, 2002.

MORAES, João A. R.; SAHB, Leandro M. **Manufatura Enxuta.** Jan/2010. Artigo disponível em . Acessado em 12 de março de 2016.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção.** São Paulo: Saraiva 2005.

MOURA, Reinaldo Aparecido. **Kanban – A Simplicidade do Controle da Produção.** São Paulo: IMAM, 2009

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção:** além da produção em larga escala. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1997.

OLIVEIRA SILVA, V.C. **Análise de casos de implementação de produção enxuta em empresas brasileiras de máquina agrícolas.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 2006, 174 p.

PÉREZ, M. P.; WILSON, A. M. **Lean production and supplier relations:** a survey of practices in the Aragonese automotive industry. *Technovation*, 20, p. 665-676, 1999

PANDE, PS. **Estratégia Seis Sigma**: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. São Paulo: Qualitymark, 2002.

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, 2006

ROTONDARO, GR et al. **Seis Sigma**: Estratégia Gerencial para melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2002.

SPEAR, S.; BOWEN, H. K. **Decoding the DNA of the Toyota Production System**. *Harvard Business Review*, Sep./Oct. 1999.

RODRIGUES, MV. Entendendo, Aprendendo, Desenvolvendo Qualidade Padrão **Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006

SANTOS, A. **Application fo Production Management Flow Principles in Construction Sites**. Salford: University os Salford, 2009. Tese de Doutorado.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de Produção** ; trad. Eduardo Schaan, 2º edição - Porto Alegre, Artes Médicas, 1996.

TAYLOR, F.W. **Princípios de Administração Científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 1990.

VOLLMANN, T. E.; BERRY, W. L.; WHYBARK, D. C. **Manufacturing Planning and Control Systems**. Dow Jones - Irwin, Homewood, 2007, 904 p.

WERKEMA, C., **Criando a Cultura Seis Sigma** – Série Seis Sigma. 1 ed. Rio de Janeiro: Werkema, 2006

_____ **Seis Sigma**: Black Belts ou Green Belts. 3ª Ed. Vol. 1. São Paulo: Werkema Editora. 2004.

_____ **Cultura Seis Sigma e suas ferramentas**. Rio de Janeiro: Qualitymark, v. 1, 2001a

WILSON, M. P. **Six Sigma**: understanding the concept, implications and challenges. 1ed. Scottsdale: Advanced System Consultants, 2009

WOMACK, J. D. **A mentalidade enxuta nas empresas**. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2006.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. A máquina que mudou o mundo. 14. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992. WOMACK, J.P., Jones, D.T. **A mentalidade enxuta nas empresas** – Elimine o desperdício e crie riquezas. Rio de Janeiro, Campus, 2002.

Carta de Controle acesso ao site:

<http://pt.slideshare.net/lcbj/sixsigma-presentation> - Six Sigma MSc. Luiz Barboza – Consultado no dia 28/03/2017.

Diagrama de Causa e efeito acesso ao site:

<http://www.blogdaqualidade.com.br/diagrama-de-ishikawa> - Consultado no dia 22/03/2017.

Fluxograma DOE acesso ao site:

<http://www.portalaction.com.br/planejamento-de-experimento> - Consultado no dia 29/03/2017.

Gestão da Qualidade: os 7 princípios básicos acesso ao site:

<http://www.blogdaqualidade.com.br/iso-90012015-qual-a-relacao-entre-os-7-principios-da-gestao-da-qualidade/> - Consultado no dia 19/06/2017.

Gráfico de Pareto acesso ao site:

<http://bibliodigital.unijui.edu.TCCArianeStahlhoferSchumann.pdf> – Consultado no dia 29/03/2017.

Gráfico de Dispersão acesso ao site:

<http://marketingfuturo.com> – Consultado no dia 28/03/2017.

Gráfico de Dispersão Correlação acesso ao site:

<http://slideplayer.com.br/slide/1807929> - Consultado no dia 02/04/2017.

Planilha FMEA acesso ao site:

<http://www.blogdaqualidade.com.br> – Consultado no dia 29/03/2017.