

Gestão da Produção

Lean Six Sigma

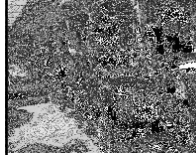
Prof. Dr. Marco Antonio Pereira
marcopereira@usp.br

LEAN SIX-SIGMA



PARTE 1

... da Produção em Massa



..... para a Produção Enxuta



PRODUÇÃO ARTESANAL

- 1897: P&L (Panhard e Levassor) em Paris “fabricam” o primeiro carro com motor a gasolina
- Início da década de 1890: P&L (Paris) fabricava algumas centenas de automóveis por ano.
- Processo artesanal com artesãos habilidosos que montavam a mão um pequeno número de carros.
- Peças vinham de oficinas artesanais por toda Paris.
- O contato com clientes era feito pelos próprios donos.
- Não se “fabricavam” 2 carros iguais

PRODUÇÃO ARTESANAL

PONTOS FRACOS

- Força de trabalho altamente qualificada e cara.
- Organizações descentralizadas.
- Peças provinham de pequenas oficinas
- Utilização de máquinas gerais para todas as funções.
- Volume de produção muito baixo.
- Produtos sem qualidade e sem confiabilidade (todos protótipos sem testes).

OBJETIVO FORD: *Democratizar o automóvel*

Construir um carro para a grande multidão... Seu preço será tão baixo que nenhuma pessoa com um salário razoável não possa comprar – e aproveitar com a família a benção de horas de prazer nos enormes espaços abertos que Deus criou... todos poderão ter um e todos terão um. Os cavalos desaparecerão das nossas estradas, o automóvel será algo comum.

(Henry Ford, 1907)

PRODUÇÃO EM MASSA

1903: Ford: Modelo A

1908: Ford – Modelo T (primeiro carro “amigável”)

1913: Inauguração da fábrica de Highland Park (Detroit)

1920: 2 milhões de modelos T idênticos (Custo = 1/3 do inicial em 1908).



Todos os carros podem ser de qualquer modelo e qualquer cor, desde que sejam do modelo T e pretos.

Não acho que devemos lucrar terrivelmente com nossos carros. Um lucro razoável é bom, mas nada excessivo. Eu acho melhor vender uma grande quantidade de carros com um lucro razoavelmente baixo... Eu penso desta forma porque assim muitas pessoas poderão comprar um carro e desfrutar dele e porque isto permite dar empregos a mais pessoas com um bom salário. Estas são minhas duas metas de vida. (Henry Ford – 1916)

PRODUÇÃO EM MASSA

Ganhos	Como
Financeira	A padronização de medidas se converteria em benefícios financeiros.
Metalúrgica	O avanço de máquinas e ferramentas que possibilitaram o trabalho com metais pré endurecidos. A fusão do bloco do motor em uma peça única eliminando ajustadores qualificados
Tempo de Montagem	A produção especializada (uma tarefa por trabalhador) o tempo médio de um montador caiu de 514 para 2,3 minutos. A produção em linha (o carro "andava" nas esteiras de montagem) o tempo médio de um montador caiu de 2,3 para 1,19 minutos.

FONTE: Womack, J. P.; Jones, D. T.; Roos, D. A Máquina que Mudou o Mundo.

Produção Artesanal x Produção em Massa

Minutos necessários para montar:	Produção Artesanal (Outono 1913)	Produção em Massa (Primavera 1914)	% Redução do Esforço
Motor	594	226	62%
Gerador	20	5	75%
Eixo	150	26,5	83%
Componentes principais	750	93	88%

FONTE: Womack, J. P.; Jones, D. T.; Roos, D. A Máquina que Mudou o Mundo.

PRODUÇÃO EM MASSA



1930: Complexo Rouge (Integração Vertical Total)
 Fundação
 Fábrica de vidros
 Minas de ferro em Minnesota
 Navios pra transporte de minério
 Ferrovias interligando suas instalações

1940: GM: Alfred Sloan

- Descentralizou a administração.
- Revolucionou o Marketing da indústria automotiva:
 - modificando a aparência externa dos carros anualmente.
 - incluindo acessórios: ar condicionado, transmissão automática e rádios.

PRODUÇÃO EM MASSA

1955: Apogeu

- Vendas de automóveis nos EUA superou 7 Mi de carros.
- Ford + GM + Chrysler = 95% das vendas (6 modelos representavam 80% das vendas).
- Companhias automobilísticas norte-americanas dominaram este mercado mundial.
- O mercado norte-americano possuía a maior percentagem de vendas do mundo.
- Companhias dos demais ramos de atuação adotam métodos semelhantes.

Final da década de 50: Europa produzia em escala comparável a americana: Wolfsburg (VW) / Flins (Renault) / Mirafiori (Fiat)

PRODUÇÃO ENXUTA

- Pós Guerra (1945-1946)
 - Motivação da Toyota: **Alcançar os Estados Unidos em 3 anos**
 - A produtividade dos trabalhadores na fábricas americanas era cerca de 10x superior a produtividade japonesa.
- 1946-1949 - Início de um processo sistemático de perseguição às perdas.
- 1949: Kiichiro Toyoda renuncia, terminando assim uma longa greve iniciada após a demissão de grande parte da força de trabalho.
- 1950: Eiji Toyoda passa 3 meses estudando a fábrica Rouge da Ford em Detroit.
- 1950: Toyota fabricou 2.685 automóveis no ano (contra 7.000 fabricados por Rouge num único dia.)
- Década de 50: Ohno aperfeiçoa a técnica da troca rápida de ferramentas sem especialistas (tempo cai de 1 dia para 3 minutos)

PRODUÇÃO ENXUTA: PRINCÍPIOS



- A empresa vista como uma comunidade
- Melhoria Contínua (*Kaizen*) e Redução permanente de Perdas (*Muda*)
- Desenvolvimento de Produtos
- Produção a partir da demanda dos clientes
- Compreensão das necessidades dos clientes

Pilar do Jidoka (Automação)



Sakichi Toyoda (um dos 10 maiores Inventores da história contemporânea do Japão) inventou a "Máquina de Tear Automática".



Problema: A máquina continuava rodando:

- mesmo quando a linha se rompia e
- só era detectado com o tecido concluído.

Solução: uma máquina configurada para parar quando detectava:

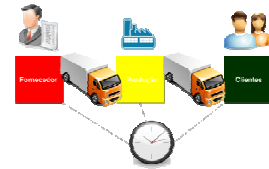
- o rompimento de uma linha
- o término da linha
- a quantidade programada atingida

Pilar do Just in Time



Kiichiro Toyoda "Idealizador do sistema puxado"

Just in Time significa produzir e entregar os produtos mesmo a tempo (just in time) de serem vendidos.



Sistema Toyota de Produção: Início



Taiichi Ohno implantou o Sistema Toyota de Produção, resultado da união dos 2 pilares (Jidoka e Just in Time) a fim de "mudar o espírito de se fazer as coisas".



BUSCA INCESSANTE
"Menor custo, a melhor qualidade e o menor lead time"

PRODUÇÃO ENXUTA Foco: Menor Custo Possível

TRADICIONAL

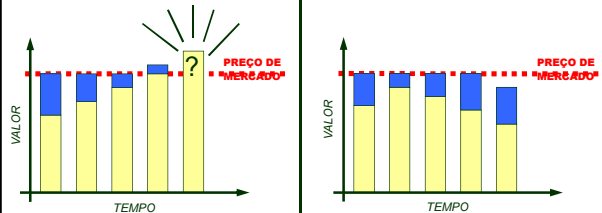
COMPETITIVA

$$\text{PREÇO} = \text{LUCRO} + \text{CUSTO}$$

CONSEQUÊNCIA FIXO CALCULADO

$$\text{LUCRO} = \text{PREÇO} - \text{CUSTO}$$

CONSEQUÊNCIA FIXO CADA VEZ MENOR



PRODUÇÃO ENXUTA Principais Ferramentas

- Just-In-Time (JIT)
- "Automação" (Jidohka)
- Kanban
- 5s
- Layout adequado aos fluxos
- Produção em lotes pequenos
- Setup rápido
- Poka yoke
- Mapa Fluxo Valor
- Andon
- Troca Rápida de Ferramentas
- Excelência em manutenção
- Operadores multifuncionais

Produção em Massa x Produção Enxuta

	GM (Framingham)	Toyota (Takaoka)
Horas de montagem por carros	40,7	18
Defeitos de montagem por 100 carros	130	45
Espaço de montagem por carro (m ²)	0,75	0,45
Estoques de peças (média)	2 semana	2 horas

Dados de 1986:
FONTE: Womack, J. P.; Jones, D. T.; Roos, D. A Máquina que Mudou o Mundo.

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS		
Artesanal	Massa	Enxuta
<ul style="list-style-type: none"> Trabalhadores muito qualificados Ferramentas simples e flexíveis Um item por vez conforme desejo do cliente 	<ul style="list-style-type: none"> Trabalhadores com baixa qualificação. Máquinas complexas e dispendiosas. Alto volume de produção de cada item. Necessita suprimentos, trabalhadores e espaço extra para garantir a continuidade da produção. 	<ul style="list-style-type: none"> Mistura dos dois métodos anteriores. Evita o alto custo do processo artesanal. Evita a rigidez do processo de produção em massa. Utiliza trabalhadores multiquificados nos diversos níveis da Organização. Máquinas mais flexíveis e automatizadas

RESULTADOS		
Artesanal	Massa	Enxuta
<ul style="list-style-type: none"> Bens produzidos muito caros 	<ul style="list-style-type: none"> Bens produzidos muito baratos, porém com pouca variedade. 	<ul style="list-style-type: none"> Produção de grandes volumes de produtos com ampla variedade

.... da Produção em Massa






..... para a Produção Enxuta



PARTE 2: LEAN THINKING



Lean Thinking (Mentalidade Enxuta) é uma filosofia gerencial Construída a partir da observação das práticas e métodos do Sistema Toyota de Produção.

Lean Thinking: Origens

1945 - início do desenvolvimento do Toyota Production System (Taiichi Ohno).

1973 - Crise do petróleo, a Toyota se recupera mais rápido

1984 - Joint Venture entre a Toyota-GM (NUMMI - Califórnia)

1985 - Estudo sobre a indústria automobilística (Massachusetts Institute of Technology)

1990 - "A Máquina que Mudou o Mundo" (Womack, Jones e Roos).

Resultados do estudo: Surge o termo "Lean Manufacturing"

1996 - Como resultado de estudos sub-sequentes, Womack e Jones publicam o "Lean Thinking" contendo os 5 Princípios.

- Lean Thinking: Os 5 Princípios Fundamentais**
1. Definir o que é "VALOR" sob a ótica do cliente externo ou interno.
 2. Identificar os "FLUXOS DE VALOR" existentes, classificando os processos entre o que agrega valor e o que não agrega valor.
 3. Se possível implementar o "FLUXO CONTÍNUO" do seu produto no seu fluxo.
 4. Permitir que seu cliente "PUXE", estabelecendo a lógica da puxada.
 5. Buscar constantemente a "PERFEIÇÃO" do seu fluxo produtivo.

Lean Thinking: Sistemáticas, Ferramentas e Atitudes



PRINCÍPIO 1: VALOR

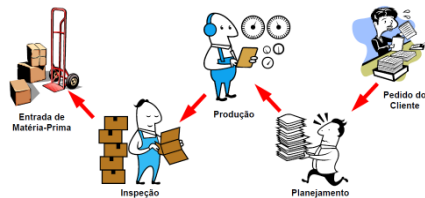
"Percepção do Cliente quanto às suas necessidades e preferências"



- Preço
- Qualidade
- Atendimento
- Flexibilidade
- Imagem
- Preservação do Meio Ambiente
- Outros.

PRINCÍPIO 2: FLUXO DE VALOR

"Todas as etapas que agregam valor ou são necessárias para se transformar um material ou insumo em produto acabado"



Implementação Lean: Escopo

- 1 Nível do Processo
- 2 Dentro da Planta (porta a porta)
- 3 Entre várias Plantas
- 4 Entre várias Empresas

Implementação Lean: Etapas

- 1 Escolher uma Família de Produtos
- 2 Mapa Atual do Fluxo de Valor
- 3 Mapa Futuro do Fluxo de Valor
- 4 Plano de ação



Desperdícios

Todas as etapas agregam valor?

Quais etapas o cliente não percebe?

DESPERDÍCIO
Tudo que consome recursos, mas não cria valor.



PRINCÍPIO 3: FLUXO CONTÍNUO

O fluxo contínuo é criado quando continuamente se elimina as etapas que não criam valor para o cliente ("os desperdícios").

- Reduzir o tempo entre uma solicitação e sua entrega (valor para o cliente).
- Alinhando em sua sequência rápida todas as atividades que criam valor.
- Exigindo que todas as atividades tenham capacidade adequada, disponibilidade e qualidade.

PRINCÍPIO 4: PUXAR

"Fazer somente aquilo que é necessário, na quantidade certa, no momento certo, quando o cliente solicita"

Figura: http://lakttime.net/wp-content/uploads/producao_puxada_vs_empurrada.png

Produção Empurrada x Puxada

Produção Empurrada

- ✓ As etapas do fluxo de valor estão desconectadas e recebem programações individuais:
 - Muitas vezes, a programação é baseada em projeções de demanda.
 - Cada etapa produz conforme sua necessidade sem observar o que realmente está sendo consumido adiante.
- ✓ Necessita de revisões frequentes devido às mudanças dos pedidos ou às variações internas (qualidade, capacidade máquina, deficiências, ...).

Produção Puxada

Cada etapa do fluxo somente deve produzir quando a etapa posterior solicita:

- A solicitação é através do consumo de um estoque controlado chamado supermercado.
- Se a etapa posterior não consumir um determinado item, a etapa anterior não o produzirá, mesmo que isto contrarie a previsão de vendas.
- A informação de reposição do estoque consumo é feito pelo "Kanban", o qual especifica o modelo e quantidade a ser produzida pela etapa fornecedora.

Produção via Supermercado

"Local onde um estoque mínimo e determinado é mantido para não parar o fornecimento aos processos posteriores, e sinaliza ao Processo fornecedor a necessidade de reposição"

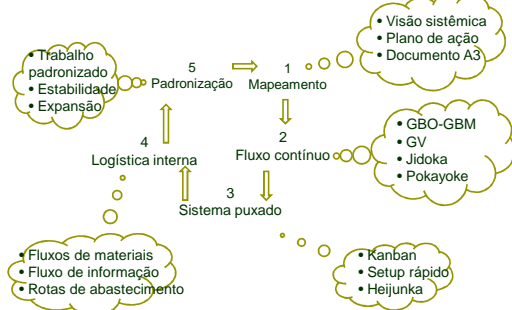
É um estoque controlado, dimensionado, de modo que:

- O processo cliente sempre encontra peças dos modelos e nas quantidades necessárias para cumprir seu programa de entregas ou repor seu supermercado.
- O processo fornecedor sempre consigna repor o supermercado antes que os níveis mínimos definidos sejam atingidos

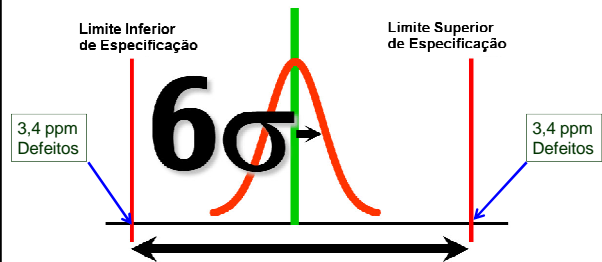
PRINCÍPIO 5: PERFEIÇÃO

"Tornar-se uma organização de aprendizagem pela busca da padronização, da reflexão incansável (Hansei) e pela melhoria contínua (Kaisen)"

Implementação: Sequencia Clássica



Parte 3: Seis Sigma



Seis Sigma é uma *Filosofia de Negócios*

Seis Sigma: Origem

- 1986: Bill Smith (Motorola) estabeleceu um conceito chave: Defeitos por Oportunidade, ou Defeitos por Unidade;
- 1988: Motorola recebe o prêmio Malcolm Baldrige National Quality Award
- 1990: IBM recebe o Prêmio Malcolm Baldrige National Quality Award.
- 1991: Jack Welch torna-se o CEO da GE: Um item essencial da sua agenda: Reestruturação de toda a organização;
 - As 12 unidades de negócio deveriam utilizar processos baseados em 6 Sigma;
 - 1995 começou seu programa com média de qualidade de 3 Sigma;
 - 1997 subiu para 3,5 Sigmas;

O que é Seis Sigma?

*Estratégia gerencial disciplinada e **altamente quantitativa**, caracterizada por uma abordagem sistêmica, que tem como objetivo **aumentar drasticamente a lucratividade das empresas**, por meio da otimização de produtos e processos, com o conseqüente incremento da satisfação de clientes e consumidores.*

*Seis Sigma é uma **filosofia** e uma **metodologia** com foco na **redução de defeitos***

Estratégia Seis Sigma

Nível da qualidade	Defeitos por milhão (ppm)	% Conformidade	Custo da não qualidade (% do faturamento da empresa)
Dois sigma	308.537	69,15	Não se aplica
Três sigma	66.807	93,32	25 a 40%
Quatro sigma	6.210	99,3790	15 a 25%
Cinco sigma	233	99,97670	5 a 15%
Seis sigma	3,4	99,999660	< 1%

Estratégia Seis Sigma

Uma Empresa 3 Sigma:

- Gasta 15-25% da Receita de Vendas para cobrir o Custo de Falhas
- Conta com a Inspeção para Encontrar Defeitos
- Acredita que a Alta Qualidade É Cara
- Não possui um método disciplinado para colher e analisar Dados
- Faz Benchmarks de si própria contra seus concorrentes
- Acredita que 99% é Bom o Bastante

Uma Empresa 6 Sigma:

- Gasta 5% da Receita de Vendas para cobrir o Custo de Falhas
- Conta com Processos Capazes Que Não Produzem Defeitos
- Sabe que quem produz Alta Qualidade produz a Baixo Custo
- Utiliza Medição, Análise, Melhoria e Controle
- Faz Benchmarks de si própria contra os Melhores do Mundo
- Acredita que 99% é Inaceitável

Estratégia Seis Sigma

A Visão Clássica da Qualidade "99% Bom" (3,8σ)

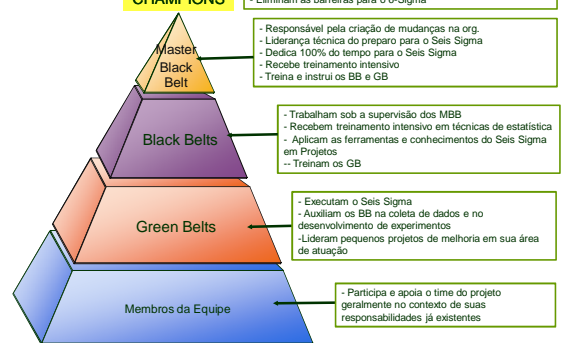
- 20.000 artigos de correio perdidos por hora
- Água potável duvidosa quase 15 minutos a cada dia
- 5.000 operações cirúrgicas incorretas por semana
- 2 aterrissagens curtas ou longas na maioria dos principais aeroportos diariamente
- 200.000 receitas médicas erradas a cada ano
- Falta de eletricidade por quase 7 horas a cada mês



A Visão Seis Sigma da Qualidade "99,99966% Bom" (6σ)

- 7 artigos de correio perdidos por hora
- 1 minuto de água potável duvidosa a cada 7 meses
- 1,7 operações cirúrgicas incorretas por semana
- 1 aterrissagem curta ou longa na maioria dos principais aeroportos a cada cinco anos
- 68 receitas médicas erradas a cada ano.
- 1 hora de falta de eletricidade a cada 34 anos

EQUIPE 6-SIGMA



Projetos Seis Sigma: Resultados Esperados

- ◆ Significativa contribuição para a obtenção de Metas Estratégicas.
- ◆ Significativa contribuição para o aumento da satisfação dos clientes.
- ◆ Grande impacto na melhoria da performance da organização
- ◆ Quantificação precisa, através de métricas específicas, dos resultados a serem obtidos em um projeto.
- ◆ Elevado patrocínio por parte da alta administração da empresa e dos demais gestores envolvidos.

Projetos Seis Sigma: Exemplos de Metas

- ◆ Reduzir em 20% o custo de fabricação do componente AAA do produto XXX até dd/mm/aa.
- ◆ Aumentar em 50% o índice de satisfação dos consumidores quanto ao atendimento da Rede Autorizada, até dd/mm/aa.
- ◆ Reduzir em 50% o volume total de produtos não faturados por incapacidade de atendimento aos pedidos, até dd/mm/aa.

PARTE 4: LEAN SIX SIGMA



Ferramenta central 6-Sigma: DMAIC



DMAIC é uma metodologia que visa o aperfeiçoamento do processo, baseada no uso de ferramentas estatísticas e controle de variáveis de um processo.

PONTOS CENTRAIS DO DMAIC

- | | |
|---------|---|
| Define | 1. Qual é a expectativa do cliente? |
| Measure | 2. Qual a frequência de defeitos? |
| Analyze | 3. Porque, quando e onde os defeitos ocorrem? |
| Improve | 4. Como melhorar o processo? |
| Control | 5. Como manter o processo sob controle? |



- Que tipo de problema precisa ser resolvido?
- Project Charter
- Confirmações:
 - O projeto está causando problemas
 - O projeto é de alto impacto
 - Os recursos estão disponíveis
- Definir as metas
- Fazer um mapa do processo
- Definir o cliente e suas necessidades



- Onde o problema está localizado?
- Definir o estado atual do processo.
- Definir o que pode estar causando o problema
- Criar um plano de recolhimento de dados
- Certificar-se da confiabilidade dos dados
- Atualizar o Project Charter



- O que os dados dizem?
- Examinar de perto o processo
- Inspeccionar visualmente os dados
- Brainstorm: possíveis causas do problema
- Verificar a(s) causa(s) do problema
- Atualizar o Project Charter



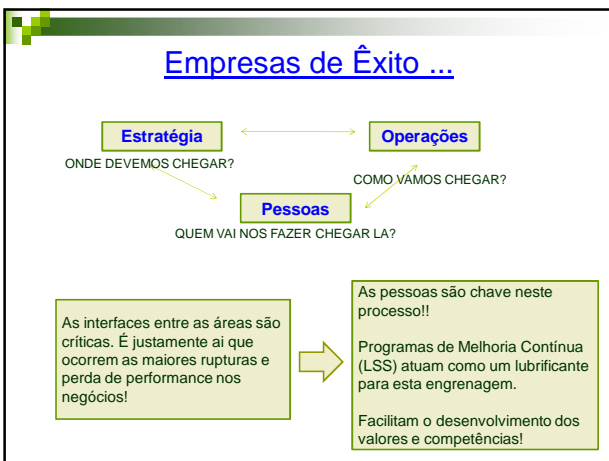
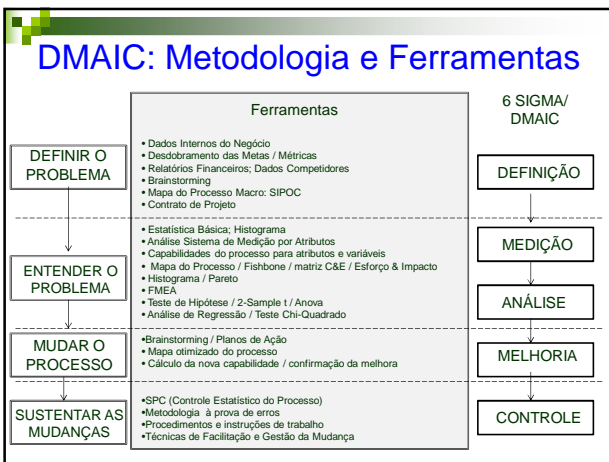
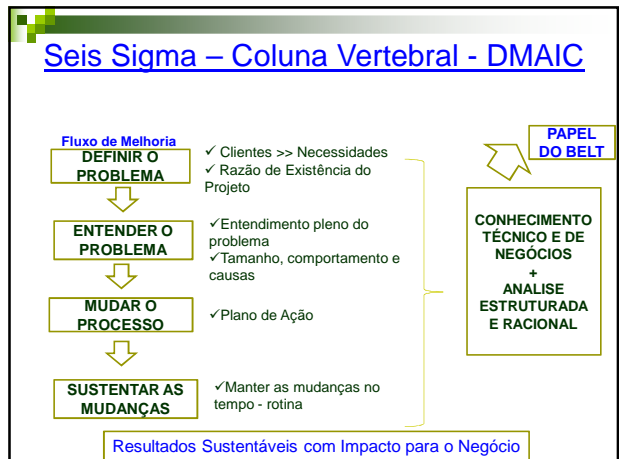
- Como resolver o problema?
- Brainstorm: Possíveis soluções
- Selecionar soluções práticas
- Desenvolver mapas de processos para as diferentes soluções
- Escolher a melhor solução
- Implementar a solução
- Medidas de melhoria



- Como sustentar as novas melhorias?
- Melhorar continuamente o processo usando os princípios Lean: Valor, Fluxo, Processo Puxado e Perfeição
- Verificar se o projeto será controlado e gerenciado apropriadamente
- Expandir o processo de melhora em toda a organização
- Aplicar o novo conhecimento gerado no processo na organização
- Divulgar e celebrar os resultados

DMAIC AMPLIADO: Exemplo GE

	Etapa	Descrição
D	A	Identificar CTQs do Projeto
	B	Desenvolver Escopo de Atuação da Equipe
	C	Definir Mapa do Processo
M	1	Selecionar Característica do CTQ
	2	Definir Padrão de Desempenho
	3	Análise do Sistema de Medição e Coleta de Dados
A	4	Estabelecer a capacidade do Processo
	5	Definir Objetivo do Desempenho
	6	Identificar Origens de Variação
I	7	Filtrar Causas Potenciais de Variação
	8	Descobrir Relações entre as Variáveis e Propor Soluções
	9	Estabelecer Tolerâncias Operacionais & Solução Piloto
C	10	Validar Sistema de Medição
	11	Determinar a Capacidade do Processo
	12	Implementar Sistema de Controle do Processo



Data	Trabalho
29/out	Os 7 tipos de Desperdício
	Padronização
	Poka-Yoke
05/nov	Kanban
	Kaizen
	Andom (Gestão Visual)
12/nov	SMED - Redução de Setup
19/nov	VSM - Mapeamento de Fluxo de Valor
	Métricas Lean
26/nov	TPM - Manutenção Produtiva Total