

Lean Six Sigma

Prof. Dr. Messias Borges Silva

Facebook LEAN SIX SIGMA EEL USP 2021

2021

Prof. Dr. Messias Borges Silva

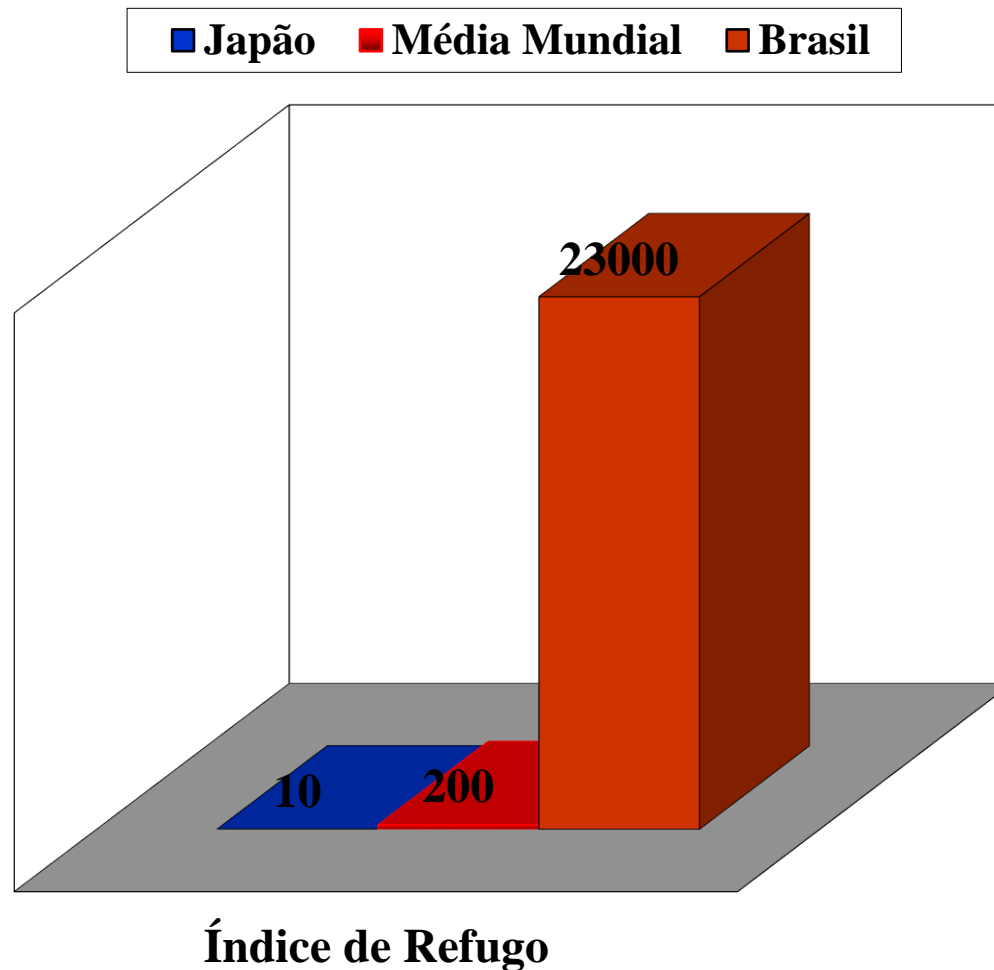
- Engenheiro Industrial Químico (EEL-USP-FAENQUIL)
- Certified Quality Engineer (American Society for Quality-USA)
- Pós-graduado em Ciências Térmicas (ITA)
- Pós-graduado em Qualidade (USJT)
- Mestre em Engenharia Mecânica (UNESP)
- Doutor em Engenharia Química (UNICAMP)
- Livre Docente em Engenharia da Qualidade (UNESP)
- Esp. em Design of Experiments, Lean Enterprise, Lean Product Development, Innovation Beyond Buzz-word, Innovation & Design Thinking (Massachusetts Institute of Technology-MIT-USA)
- Visiting Scientist da Harvard University
- Membro da Academia Brasileira da Qualidade ABQ
- Líder da CDIO Initiative na América Latina.
- Professor da UNESP, USP e Ex-Diretor Geral da EEL-USP-FAENQUIL
- Coordenador do Curso de Pós-graduação em Engenharia da Qualidade da EEL-USP
- Consultor de empresas

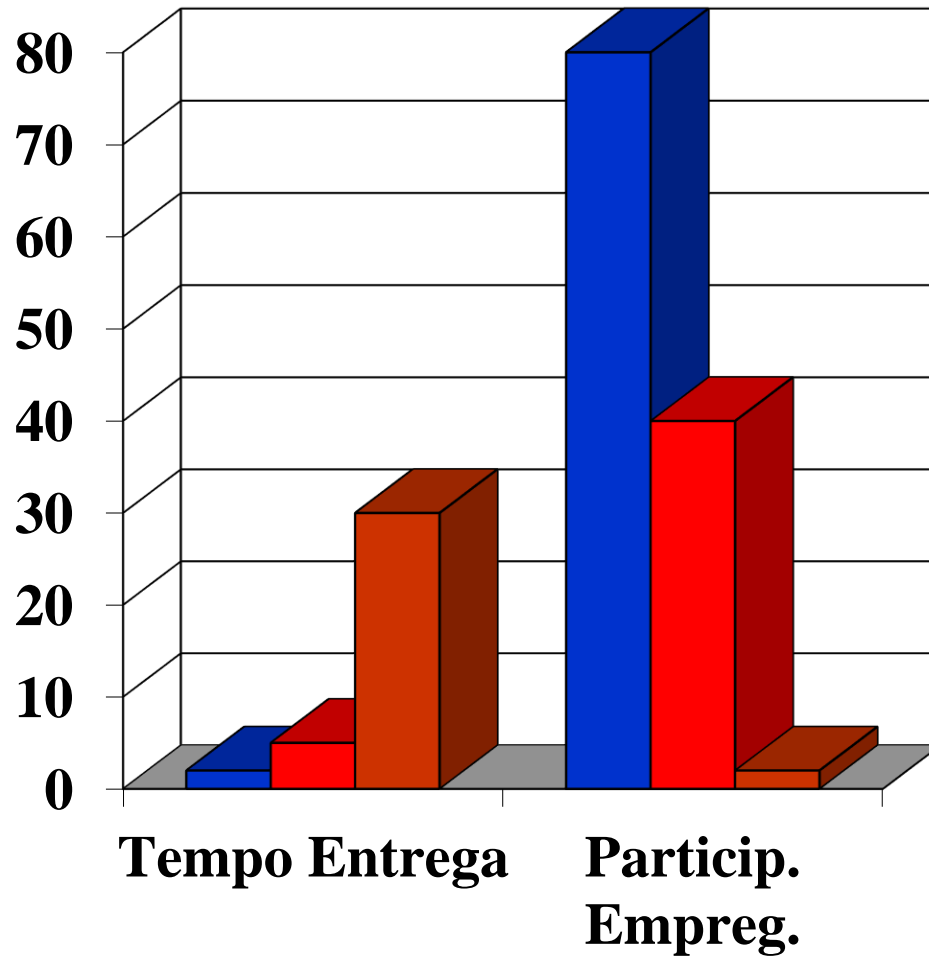
FRASES DE AQUECIMENTO

- “O Lucro é o preço da sobrevivência”
- Rumo ao padrão Classe Mundial
- “Market Share (participação no mercado) não é tudo”
- Precisamos antes entender a Estratégia para depois agirmos
- Lucratividade é palavra de ordem
- Sustentabilidade tem que ser meta de 100% dos habitantes da Terra

Situação do Brasil

Índice de Rejeição em ppm





O que as empresas **Classe Mundial** (World Class) vem praticando

- **Estratégia Seis Sigma** : busca-se o padrão 3,4 ppm ou dpmo de rejeição melhorando qualidade e reduzindo variabilidade.
- **Lean Thinking** : busca-se a transformação radical para combater a todo tipo de desperdício e ganhos de produtividade.
- **Balanced Score Card** : busca-se colocar em prática as ações previstas no Planejamento Estratégico

Competitividade Internacional

Os países desenvolvidos possuem programas formais World Class para a qualificação e formação de profissionais Master Black Belt, Black Belt e Green Belt.

(boa notícia: O **Brasil** também já tem. Ainda modestamente, mas já tem.)

E, isto tem sido decisivo na obtenção de resultados expressivos de **melhoria da qualidade** (produtos e serviços), maior agilidade, aumento da **produtividade**, **lucratividade** e crescimento das organizações de forma **sustentável**.

Evolution of Quality Profession

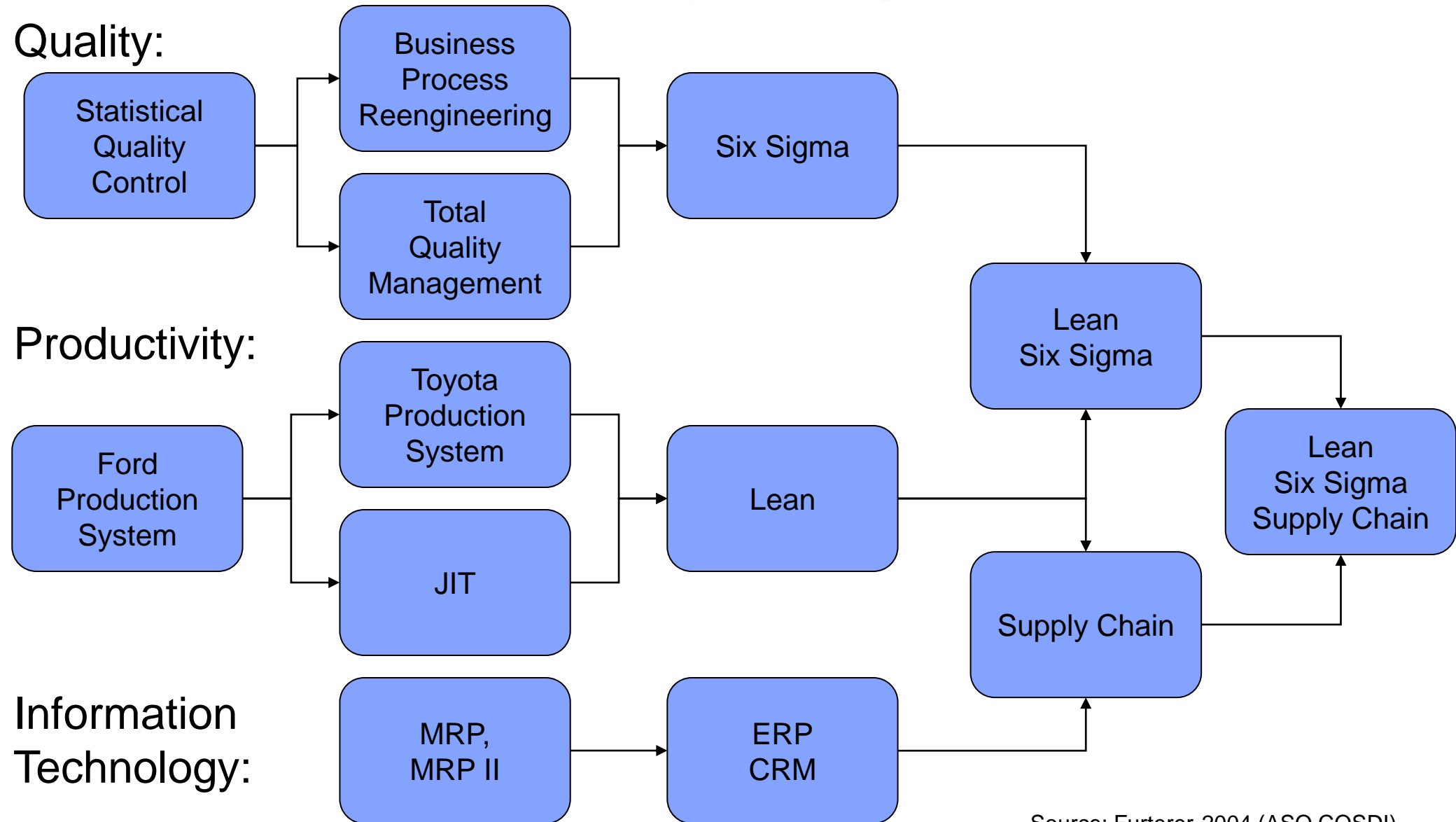
- Evolution relies on two fundamental mechanisms:
 1. Variation (or change)
 2. The selection of the most favorable variant by the principle of survival of the fittest.
- Current Six Sigma approach- incorporates a wide variety of ideas that originated from previous incarnations of quality management.

Some quality principles remain fit!!

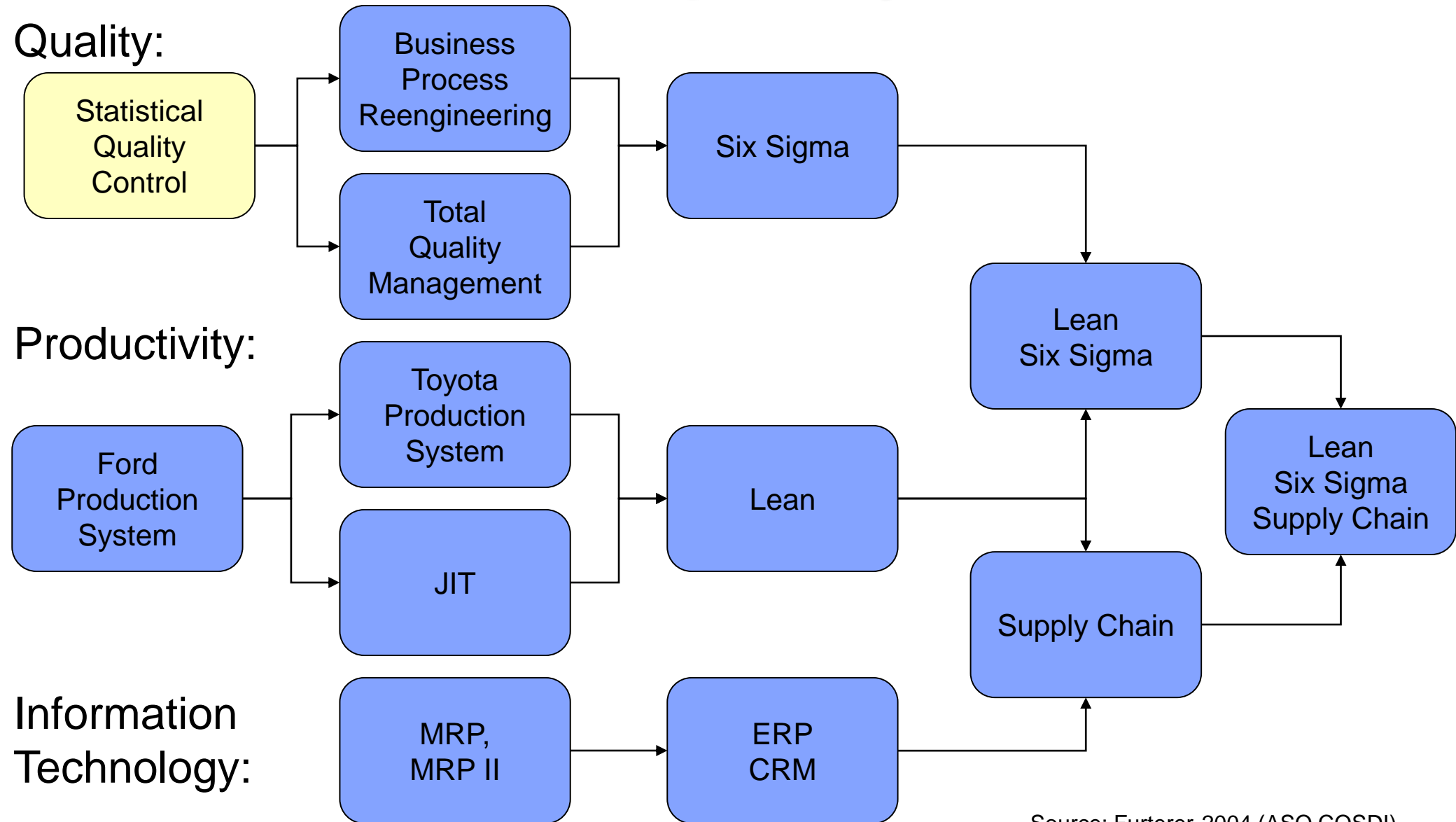
(principal of survival of the fittest)



Evolution of Quality



Evolution of Quality

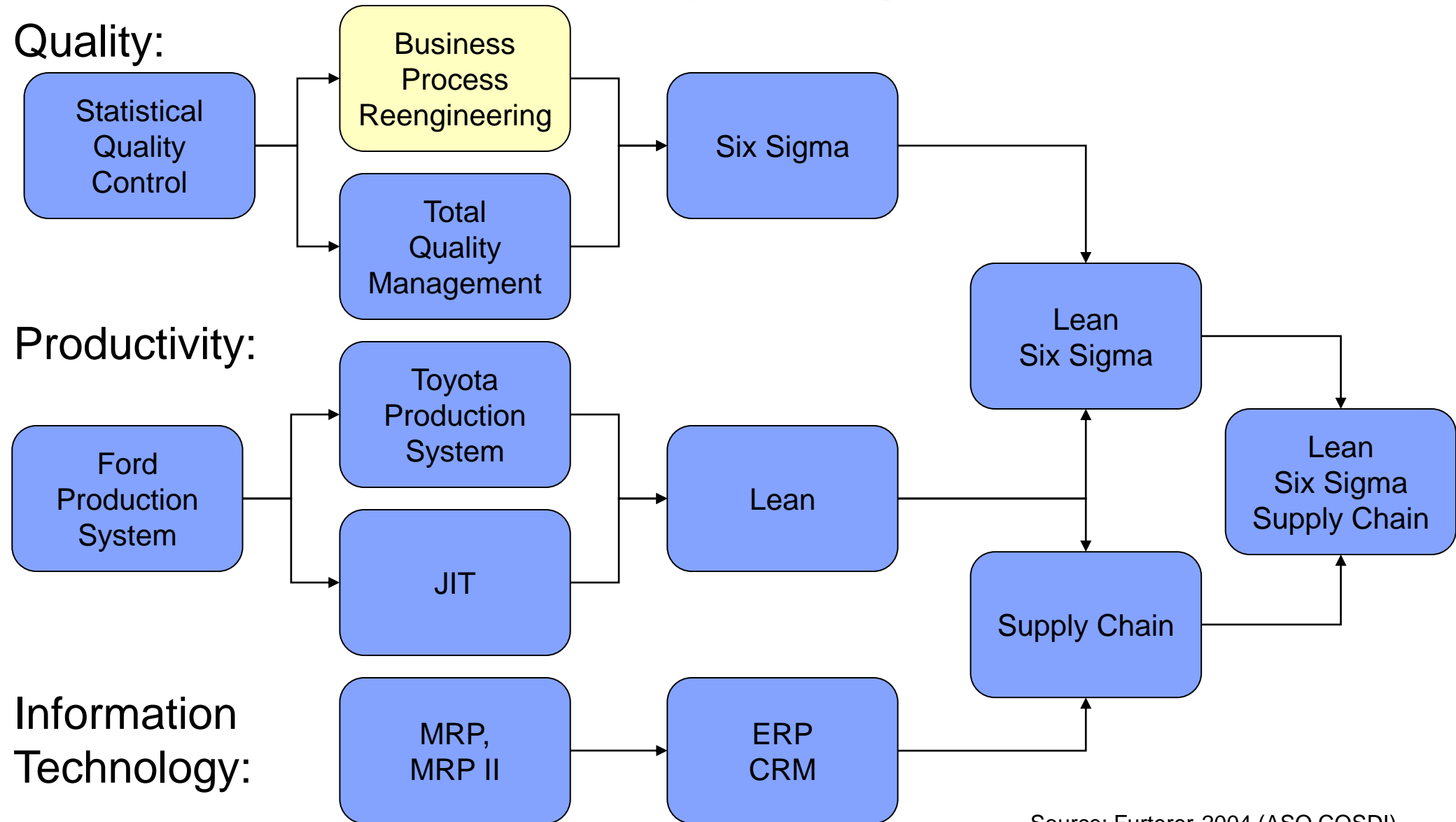


Statistical Process Control

- A methodology for monitoring a process to identify special causes of variation and signal the need to take corrective action when appropriate.
- Seven tools:
 1. Control Charts.
 2. Histogram.
 3. Pareto Diagram.
 4. Cause-Effect Diagram.
 5. Check Sheets.
 6. Process Flow Diagram.
 7. Scatter Diagram.
- Focus: quality control

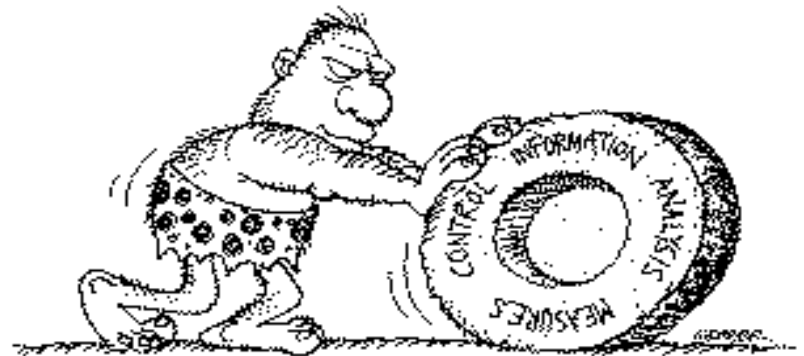


Evolution of Quality

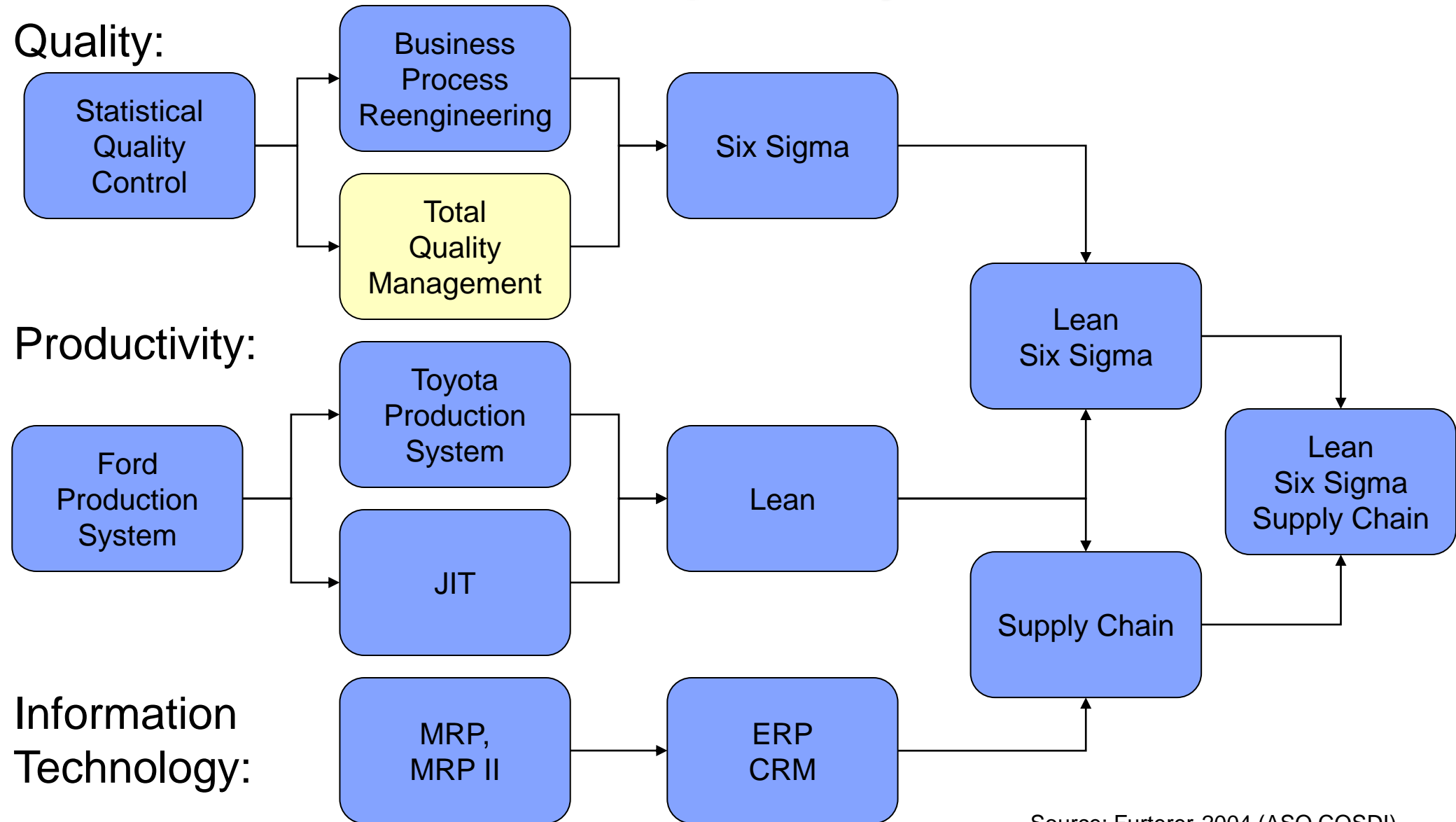


Business Process Reengineering

- The radical redesign of business processes for dramatic improvement.
- Mid- to Late-80's: global competition.
- Existing tools were no longer improving cost, poor quality & bad service.



Evolution of Quality

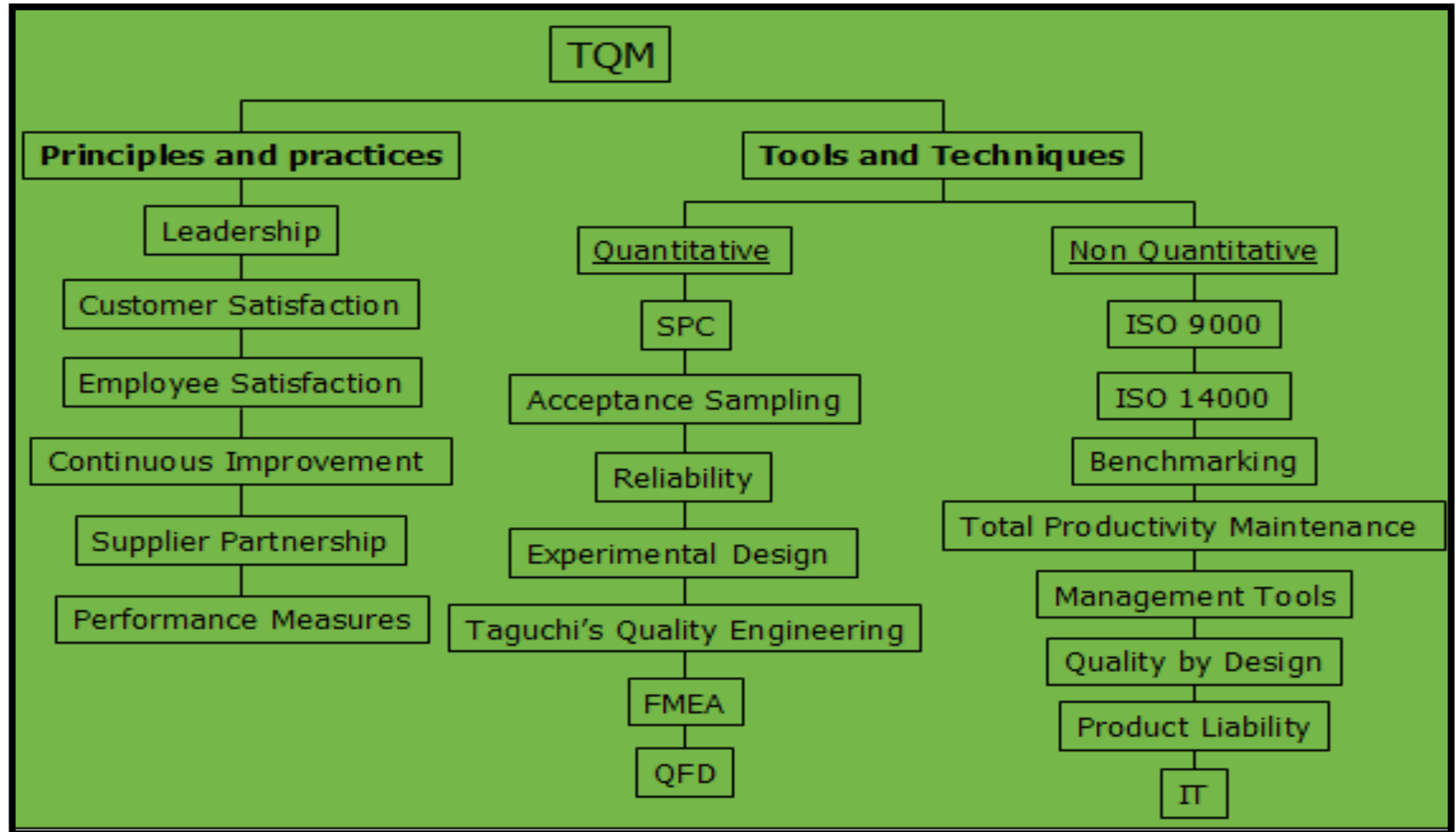


Total Quality Management

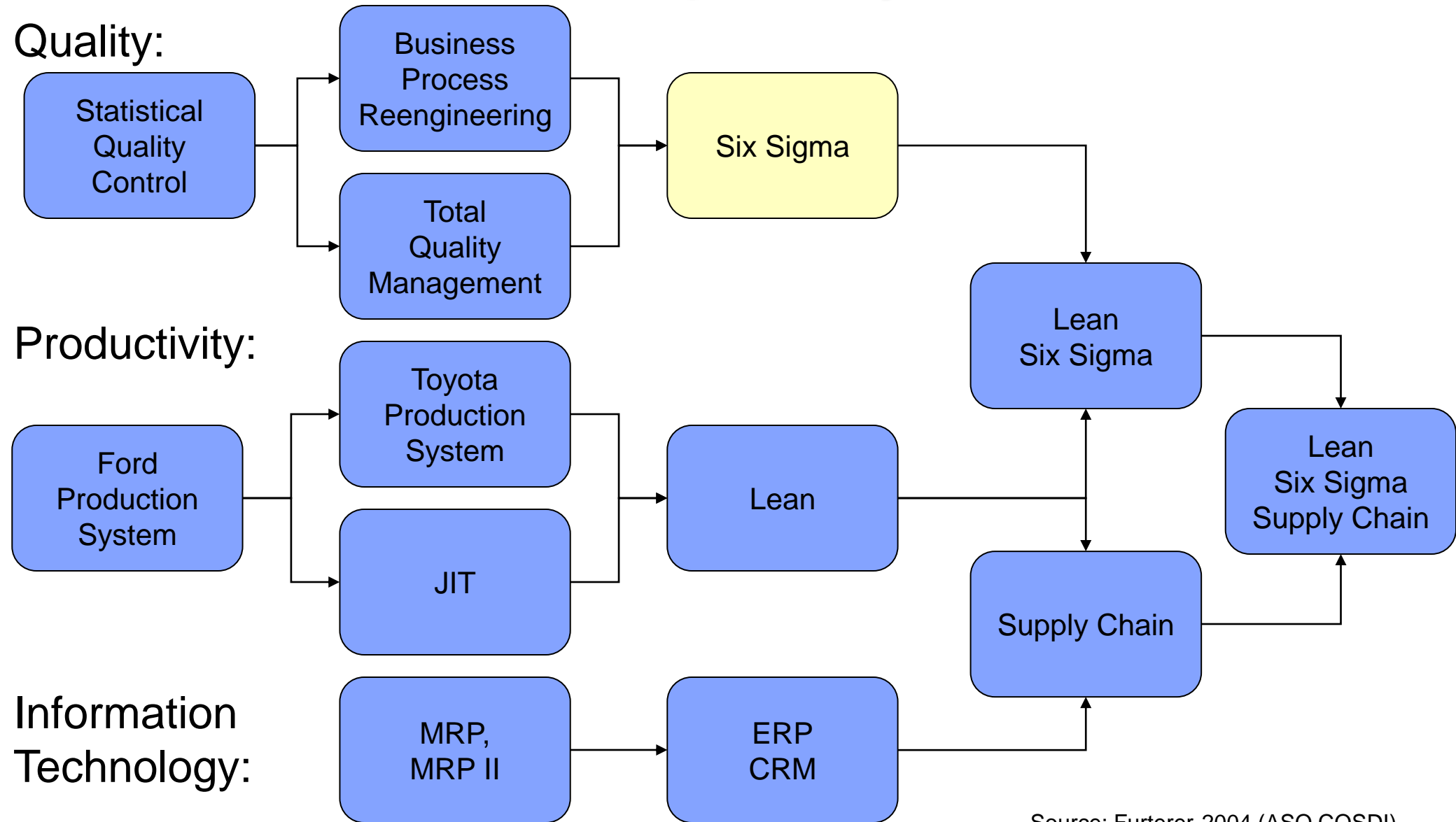
...is the application of quantitative methods and human resources to improve all the processes within an organization and exceed customer needs now and in the future.



Total Quality Management



Evolution of Quality



“O Six Sigma não é um programa de melhoria. Ele é uma filosofia de negócios que emprega uma abordagem passo a passo para reduzir a variação, aumentar a qualidade e a satisfação do cliente e, com o tempo, a participação de mercado.”

Mikel Harry

CEO, Six Sigma Academy

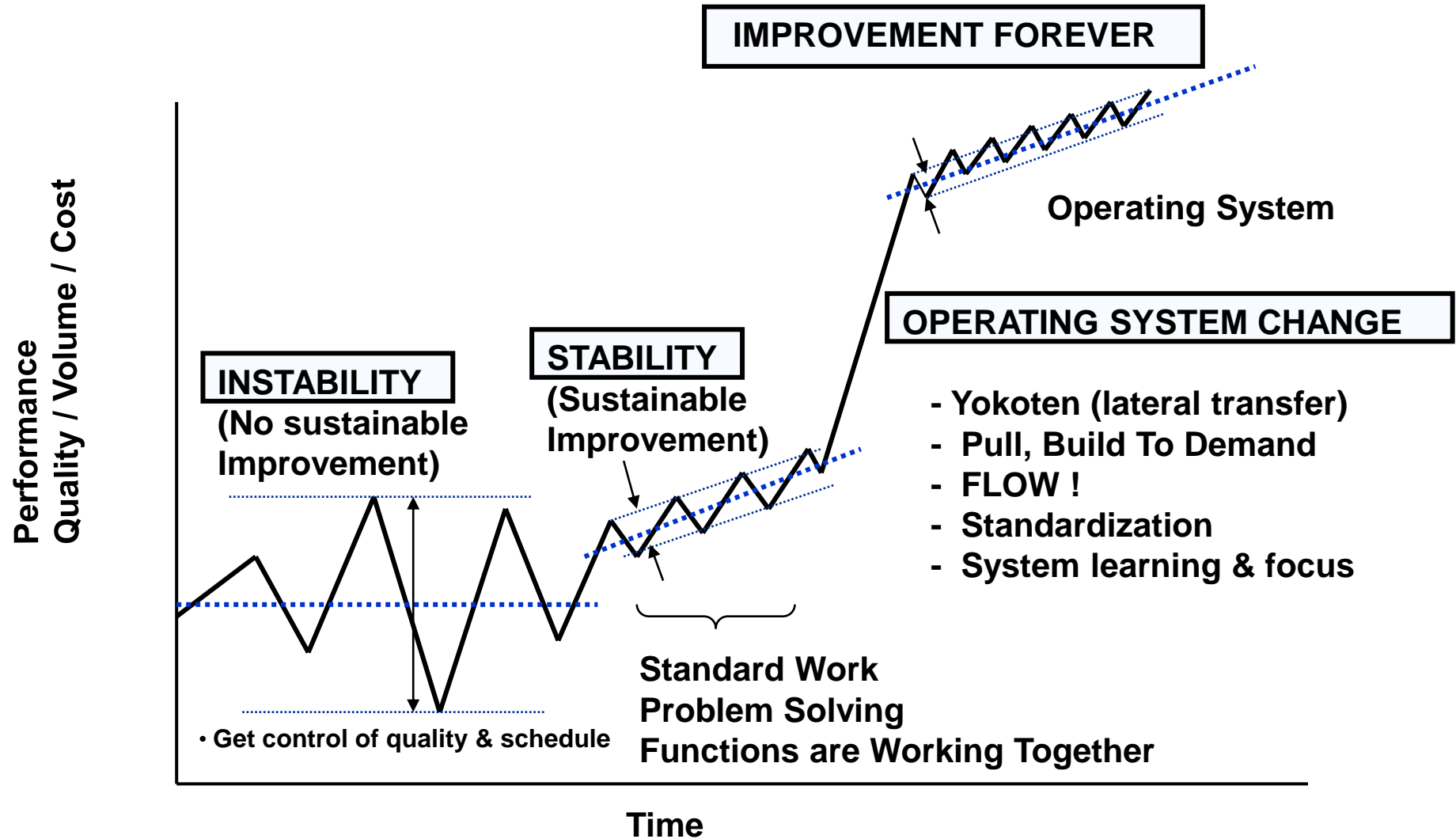
Comparação

- 1,5 σ -- 500000 dpmo
- 2,0 σ -- 308538 dpmo
- 2,5 σ -- 158650 dpmo
- 3,0 σ -- 66807 dpmo
- 3,5 σ -- 22700 dpmo
- 4,0 σ -- 6210 dpmo
- 5,0 σ -- 233 dpmo
- **6,0 σ -- 3,4 dpmo**

O Que Sabemos Sobre Nossos Processos?

- *Não sabemos o que não conhecemos;*
 - *Não podemos agir naquilo que não conhecemos;*
 - *Não conheceremos enquanto não pesquisarmos;*
 - *Não pesquisaremos o que não questionarmos;*
 - *Não questionaremos o que não medirmos; e*
 - *Conseqüentemente, nós simplesmente não saberemos.*
- *Harry*

Progression of the Continuous Improvement Journey



Imagine if...

You could select one of your biggest problems...?

Assign one of your best people to work on it
(Proven “results-getter”) ...?

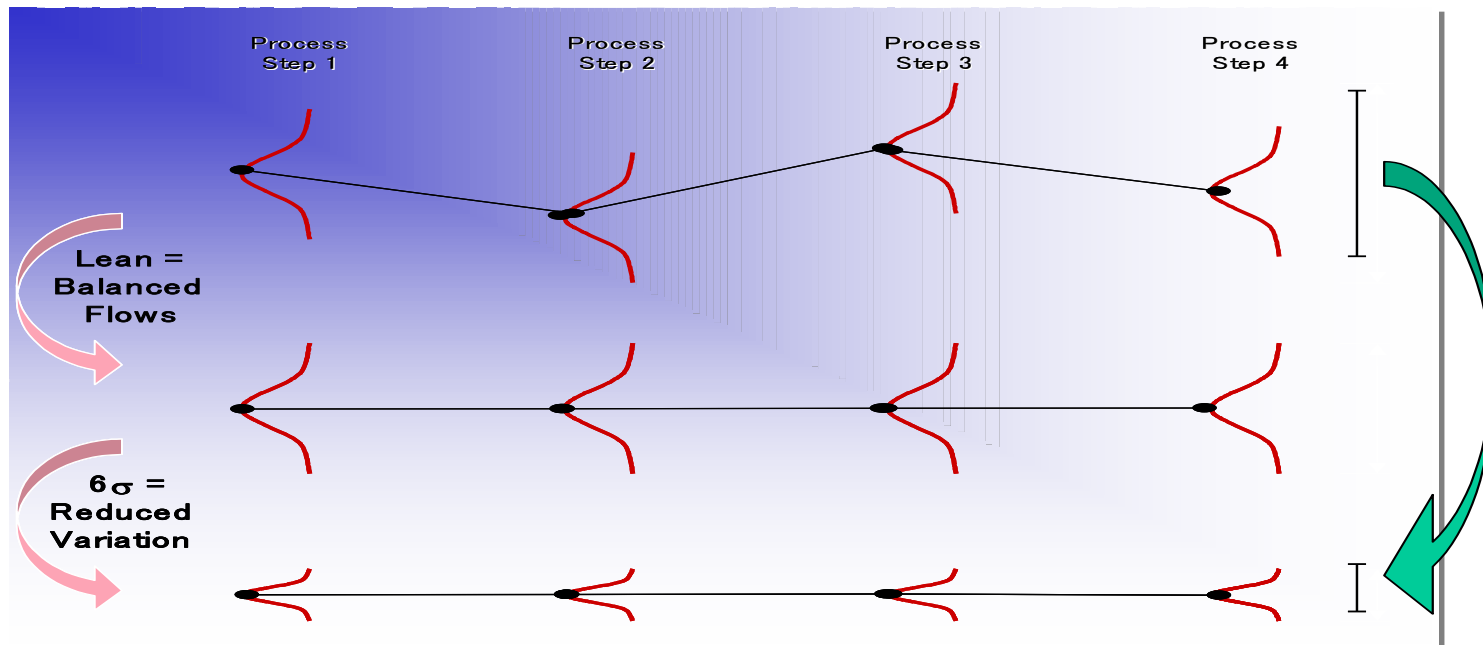
Provide that person with all the tools, resources,
and management support needed to fix it...?

And guarantee them uninterrupted time and
focus to work on it...?

If you can do this, that's Lean Sigma!

What Is Lean Six Sigma?

- 2 different yet complementary toolboxes:
 - Lean reduces variation (waste) by scientifically balancing the process
 - Six Sigma reduces variation (defects) by making a science out of the process



Six Sigma Simplified

- ***A Statistically Rigorous and Disciplined Methodology Designed To:***

- **Reduce Variation**

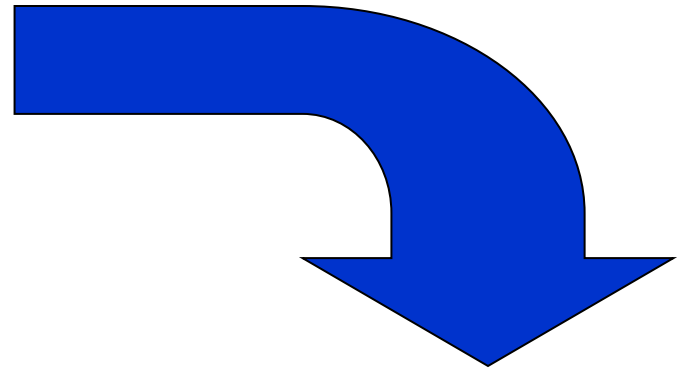
- **Eliminate Defects**

- » **Improving Quality**

- » **Meeting Demands**

- » **Improving Satisfaction**

- » **Reducing Cost**



What gets measured, gets done!

$$Y = f(X)$$

Six Sigma Predictive Formula

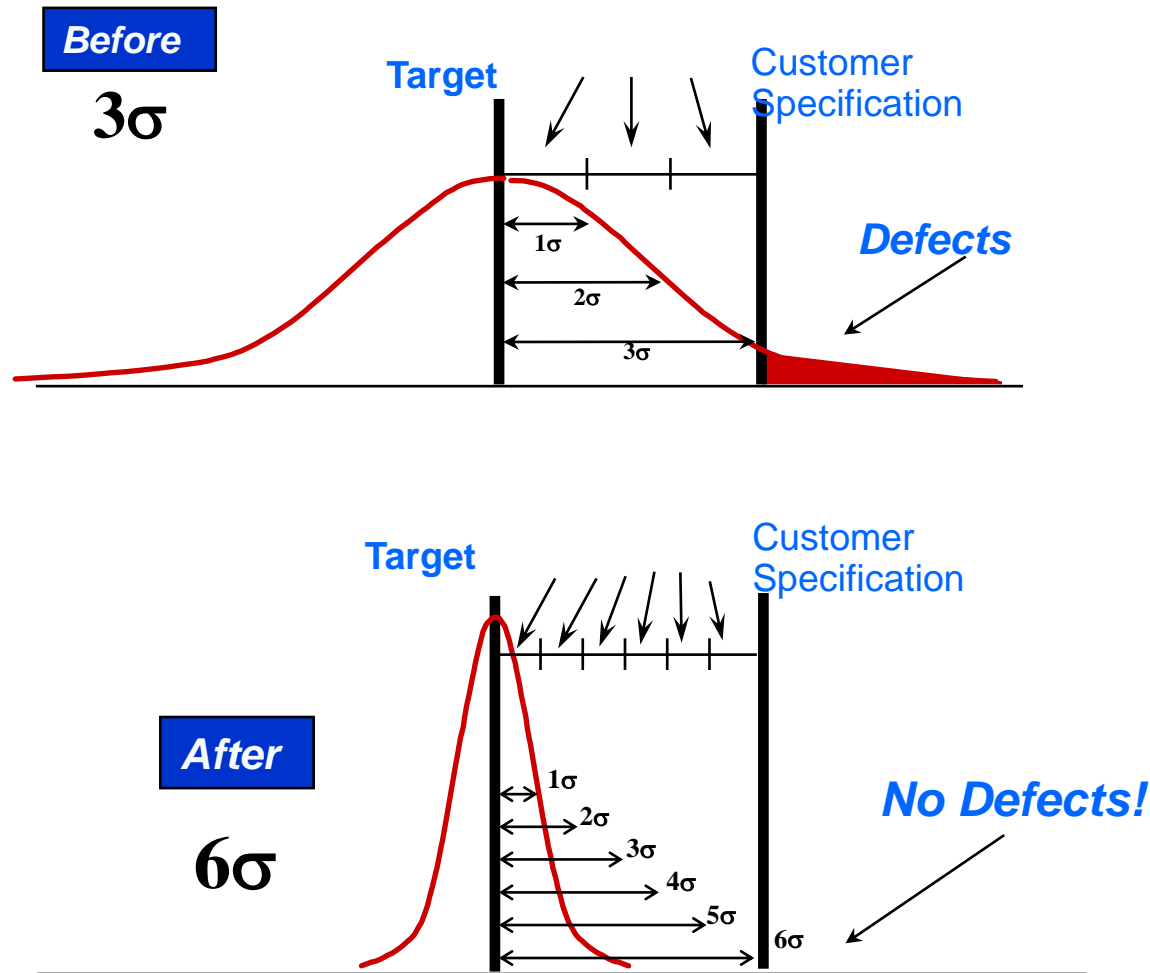
Six Sigma

6 σ

- Medida
- Benchmark
- Visão
- Filosofia
- Método
- Ferramentas
- Metas

What is the 6?

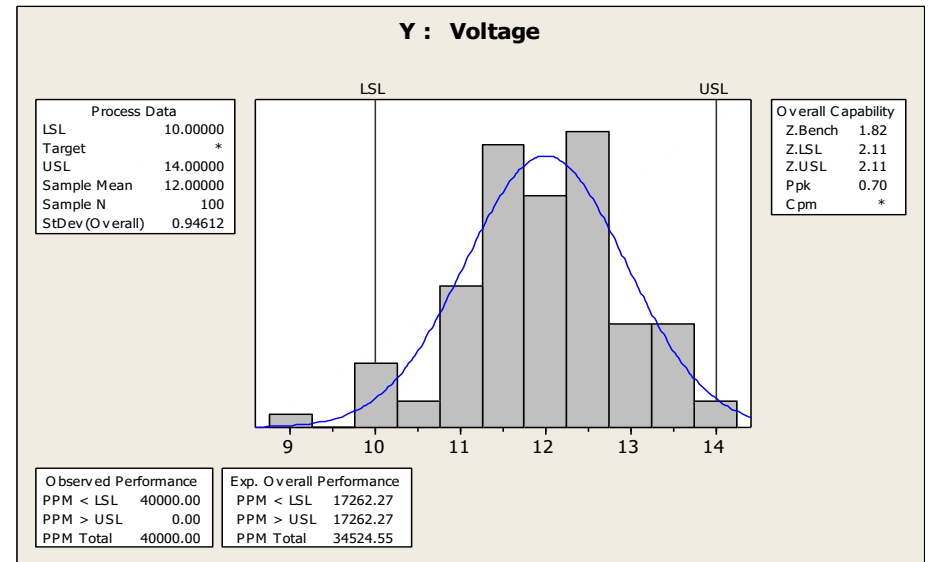
A 3σ process because 3 standard deviations fit between target and spec



Goals

In Six Sigma:

-Y = f(x₁, x₂...?)
the challenge is to **find**
then improve/control
these X's



$$Y = f(x_1, x_2 \dots ?)$$

Process Output

Is a function
of...

Key Process
Inputs

Estratégia do Six Sigma (conduzidas por profissionais Black Belt)

- 1- Identificar Característica Críticas Para a Qualidade (CTQ) dirigida pelo cliente.
- 2- Identificar processos chave que produzam defeitos em um CTQ.
- 3- Para cada CTQ de um produto ou processo:

Meça, Analise, Melhore, Controle

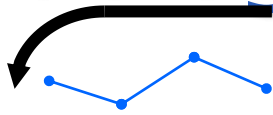
Prof. Dr. Messias Borges Silva

Metodologia DMAIC

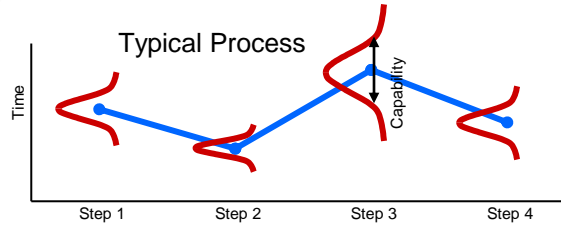
- DEFINE
- MEASURE
- ANALYSE
- IMPROVE
- CONTROL

DMAIC – The Project Methodology

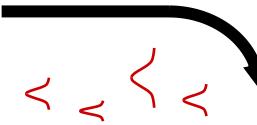
Balance / Time / Inventory



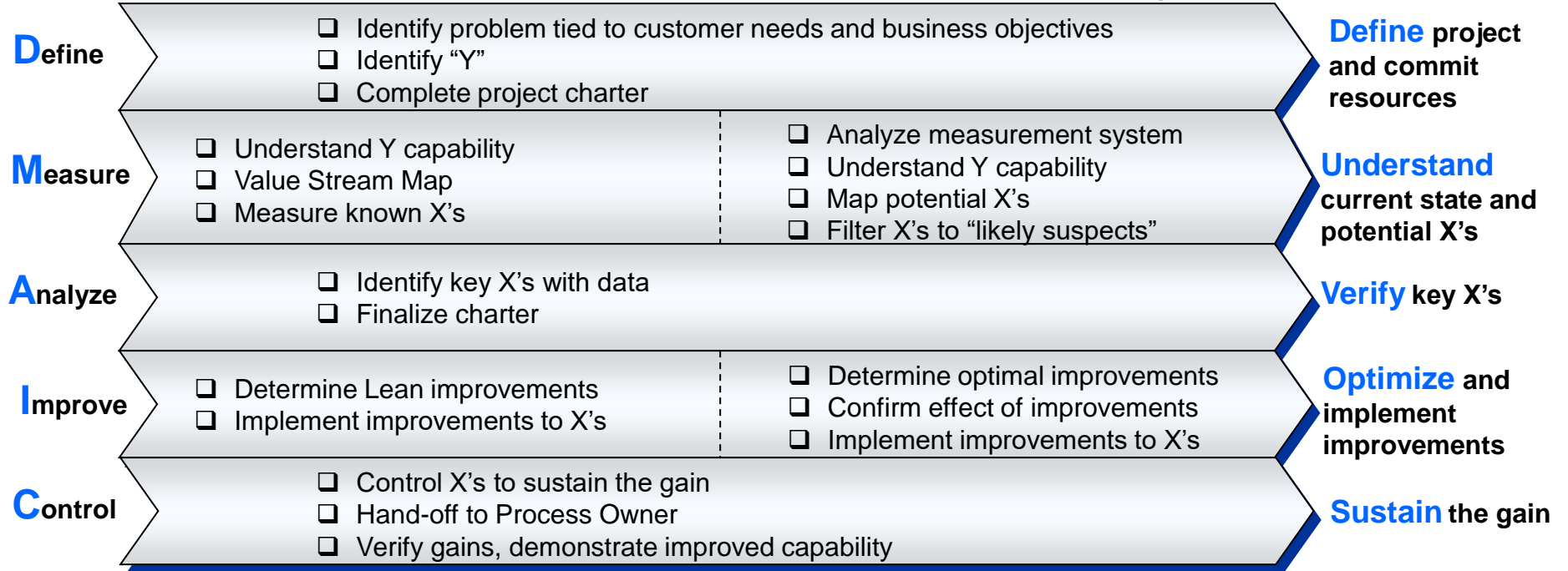
Lean



Capability / Variability / Defects

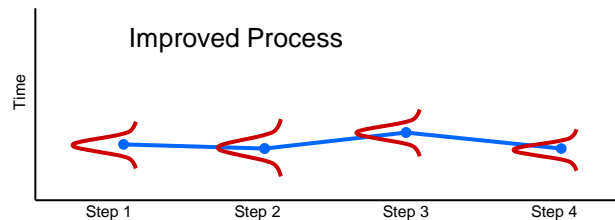
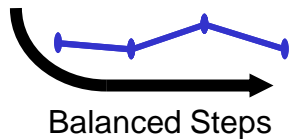


Six Sigma



Improving Balance...

Also enhances Process Capabilities



Improving Capabilities...

Also enhances Process Balance



Medição

- **Qual é a frequência dos defeitos?**

Identifique as variáveis críticas para a qualidade CTQ

Mapeie os processos

Desenvolva e valide os sistemas de
medição

Análise

- **Quando e onde ocorrem os defeitos?**

Pratique o Benchmark

Calcule o sigma do processo

Estabeleça metas de melhoria

Use as Sete Ferramentas da Qualidade

Melhoria

- **Como podemos corrigir o processo?**

Use Projeto de Experimentos (DOE)

Isole os “poucos vitais” dos “muitos triviais”
das fontes de variação

Use brainstorming para encontrar as soluções
necessárias (workout)

Controle

- **Como podemos fazer para manter a melhora introduzida no processo?**

Estabeleça os mecanismos de controle

Monitore a variação do processo

Mantenha o processo “sob controle”

Use as cartas de controle e demais procedimentos

Ouçã a Voz do cliente interno

- Crescimento
- Produtividade
- Capacidade
- Satisfação do funcionário
- Satisfação do cliente

Ouçã a Voz do cliente externo

- Pesquisa de satisfação
- Dashboard de clientes

Ferramentas para six sigma

- Sete ferramentas da qualidade (Pareto,...) ajudam a chegar até 4σ (6210 ppm)
- Muita estatística MESMO, decisões baseadas em dados
- CAP (Change Acelerat Process) . São ferramentas e metodologia para gerenciamento de conflitos e resistência a mudanças
- Workout . Trabalhar! "limpar o processo"

Comparação

- Padrão 1σ -- 68% dos produtos aceitáveis
- Padrão 3σ -- 99,7% dos produtos aceitáveis
- Padrão 6σ -- 99,999997% dos produtos aceitáveis

Ortografia

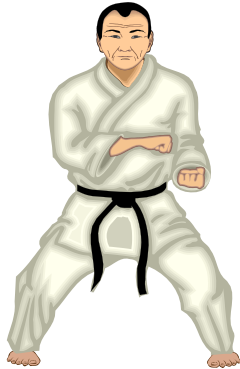
Tempo

| | | |
|------------|--|--------------------------|
| 3 σ | 2 palavras erradas por pág. de um livro | 3 ½ meses a cada século |
| 4 σ | 1 palavra errada a cada 30 págs. De um livro | 2 ½ dias a cada século |
| 5 σ | 1 palavra errada em uma coletânea enciclopédica – tipo Barsa | 30 minutos a cada século |
| 6 σ | 1 palavra errada entre todos os livros de uma livraria - Saraiva | 6 segundos a cada século |

Estrutura para o 6 σ

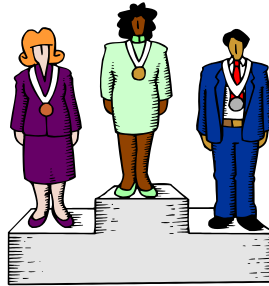


Alta Administração



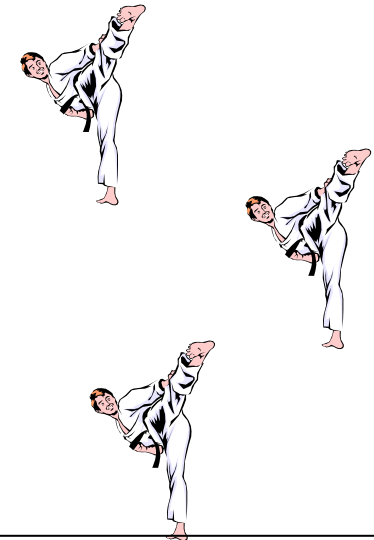
Master Black Belts

Champions



Black Belts

Green Belts



O objetivo da estrutura é de rapidamente difundir a filosofia, a metodologia e as ferramentas

Os Black Belts (faixas pretas)

- O programa six sigma depende de uma nova “classe de lutadores” dentro da empresa para executar procedimentos e alcançar seus objetivos.

Características dos Black Belts

- 1- Possuir enorme energia e paixão pelo trabalho - um verdadeiro líder
- 2- Ter capacidade de estimular, transmitir energia e mobilizar a organização em torno dos benefícios Six Sigma. Não ser burocrata.
- 3- Entender que o Six Sigma diz respeito à conquista de clientes no mercado e não à obtenção de resultados financeiros para a empresa.

4- Possuir conhecimentos técnicos sobre o que é o Six Sigma.

5- Destacar-se pela capacidade distintiva de atingir resultados e não apenas apresentar soluções técnicas.

Design for Six Sigma

DFSS is used to design or re-design a product or service.

DMAIC

- **Define** the project goals and customer (internal and external) requirements.
- **Measure** the process to determine current performance.
- **Analyze** and determine the root cause(s) of the defects.
- **Improve** the process by eliminating defect root causes.
- **Control** future process performance.

DMADV


Step 1

- **Define** the project goals and customer (internal and external) requirements.
- **Measure** and determine customer needs and specifications; benchmark competitors and industry.
- **Analyze** the process options to meet the customer needs.
- **Design** (detailed) the process to meet the customer needs.
- **Verify** the design performance and ability to meet customer needs.

Six Sigma vs. Systematic Innovation

- Six Sigma: focuses on more than just quality
 - Six Sigma applications have evolved to focus on increasing productivity, reducing cycle time, etc.
 - » Economists call applications “innovations”
 - » Not directly related to defect reduction
 - Think broader, what we are really doing is improving an organization’s competitive position, better satisfying our customers and reducing costs→ **INNOVATION!**
- Quality improvement is about **process and product innovation.**
 - It is about improving anything: product designs, process designs, radical changes, incremental changes or even new ways of managing.

Innovation

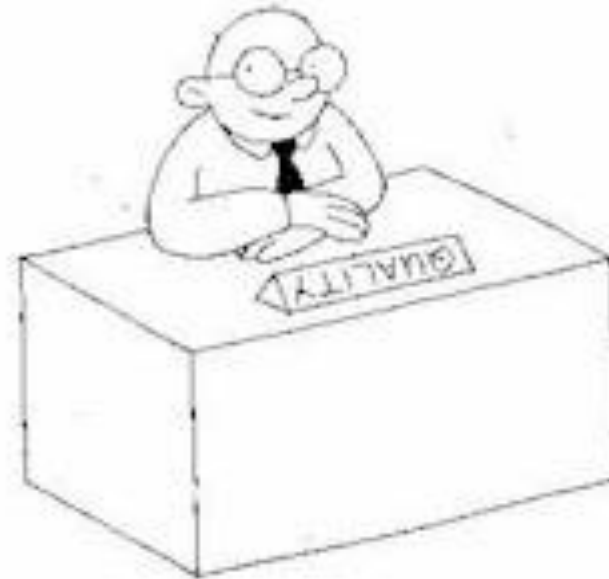
- Innovation as an economic concept includes development of new:
 - Products and services
 - Methods of production or provision
 - Methods of transportation or service delivery
 - Business models
 - Markets
 - Forms of organization
 - Stereotypically innovation is considered a product of genius, a flash of light
 - Innovation can be systematically planned and organized
- 

Economic Focus

- Ultimate quality award is improved bottom line profitability (Bisgaard & Freiesleben 2004)
- More than defects and operations management
- Transition from TQM to Six Sigma:
 - Evaluate cost of poor quality
 - Project savings



Preparing for the Future of Quality



Systematic Innovators

Code name: Black Belt

- Organizations should **decentralize** quality departments
- Instead, quality initiatives will be delegated to innovation agents, namely **black belts** and **green belts** throughout the organization
- Innovation should be seen as an integral part of everyone's task rather than the

Core Competencies

- Organizational structure designed to cultivate an **experimental** and **risk taking** attitude
- It is no longer sufficient to be an expert manager, marketing professional, or engineer.
 - Competitors in low-cost countries increasingly also have experts who are more inexpensive
- In addition to being an expert, **professionals must be well-trained and experienced in Six Sigma type systematic innovation skills**
 - Emphasis on scientific approach to problem solving

LEAN ENTERPRISE EMPRESA ENXUTA

- Prof Dr Messias Borges Silva

USP e UNESP

So, what is LEAN?

A strategy that focuses on

the **elimination of waste**

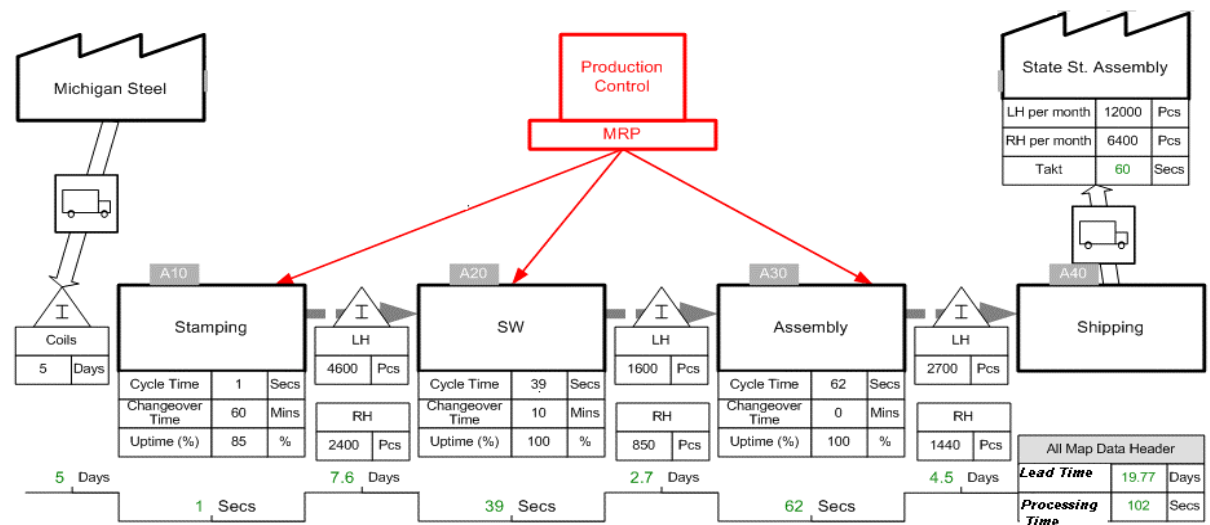
so that each step in the

process creates value in

the eyes of the

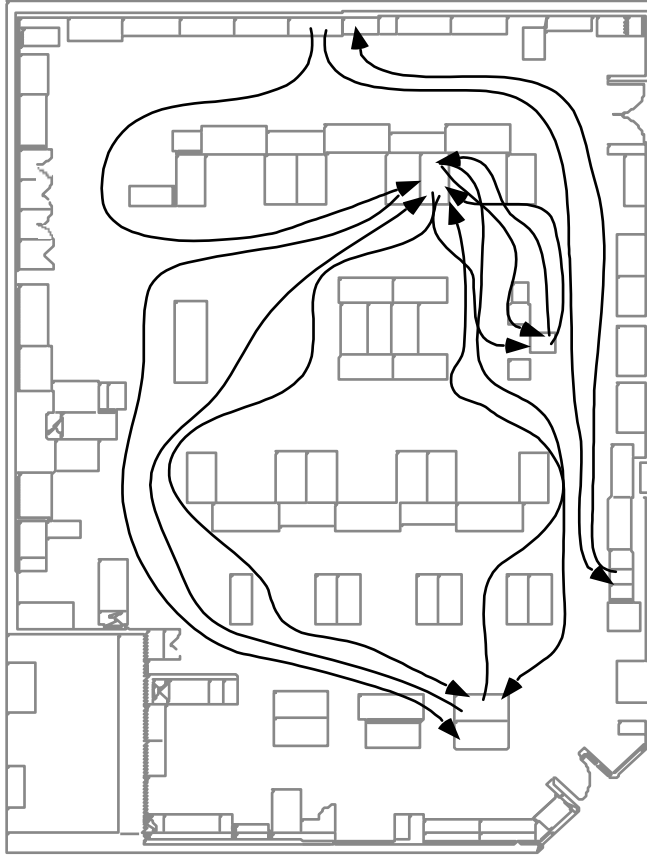
CUSTOMER.

Waste (Muda) is the enemy



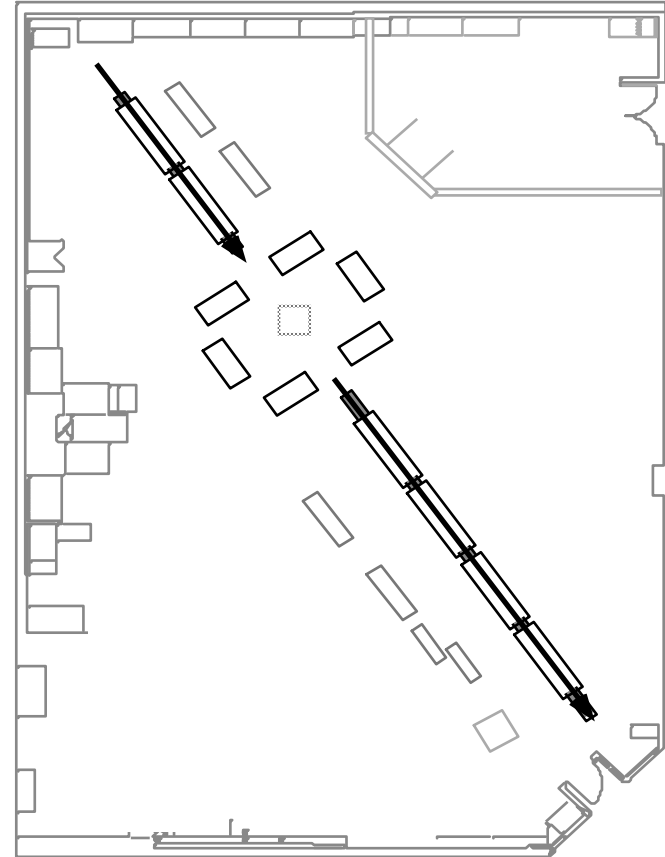
You can see Lean

Before



Lead time measured in days (3 days)

After



Lead time measured in minutes (83 min)

KAIZEN

DEFINE

IMPROVE

MEASURE

CONTROL

ANALYZE

Everyone. Everyday... finds a better way!

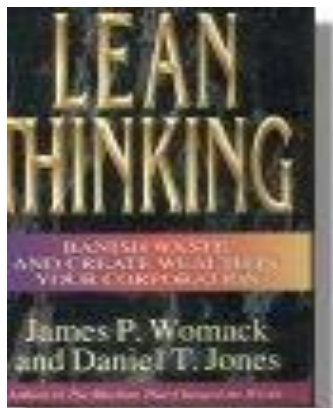
Toyota's Chairman Mr. Cho,
Positive Mentors, and How About You?

Three Keys :

- **Go See**
 - **“Senior Management must spend time on the front lines.”**
- **Ask Why**
 - **“Use the “Why?” technique daily.”**
- **Show Respect**
 - **“Respect your people.”**

O que é o Lean Thinking?

- Filosofia gerencial baseada no Sistema Toyota;
- Livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (1990);
 - Resultado de 5 anos de pesquisa do MIT com 90 plantas automobilísticas;
 - Revelou que Toyota desenvolveu um novo paradigma.
- É um sistema de gestão para a empresa toda (Lean Enterprise).



O Pensamento Enxuto

James Womack & Daniel Jones (1996):

“Ao aprender a identificar desperdícios você descobrirá que há muito mais desperdícios ao seu redor do que você jamais imaginou...”

Felizmente, existe um poderoso antídoto ao desperdício: o pensamento **enxuto. O pensamento **enxuto** é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor seqüência as ações que criam valor, realizar estas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de maneira cada vez mais eficaz.**

Em suma ... é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos ... e, ao mesmo tempo, tornar-se cada vez mais capaz de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam.”

Princípios do Pensamento Enxuto

1. Especificar o **valor**

2. Identificar a **cadeia de valor** dos produtos e remover as etapas que geram desperdícios

3. Fazer com que as etapas que criam valor **fluam**

4. Fazer com que a produção seja “**puxada**” pela demanda

5. Gerenciar para se buscar a **perfeição**

PRODUÇÃO ARTESANAL VERSUS PRODUÇÃO EM MASSA

| Minutos necessários para montar: | Produção Artesanal Outono 1913 | Produção em Massa Primavera 1914 | Percentual da 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. p.17. 13ª Ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

PRODUÇÃO EM MASSA VERSUS 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 |

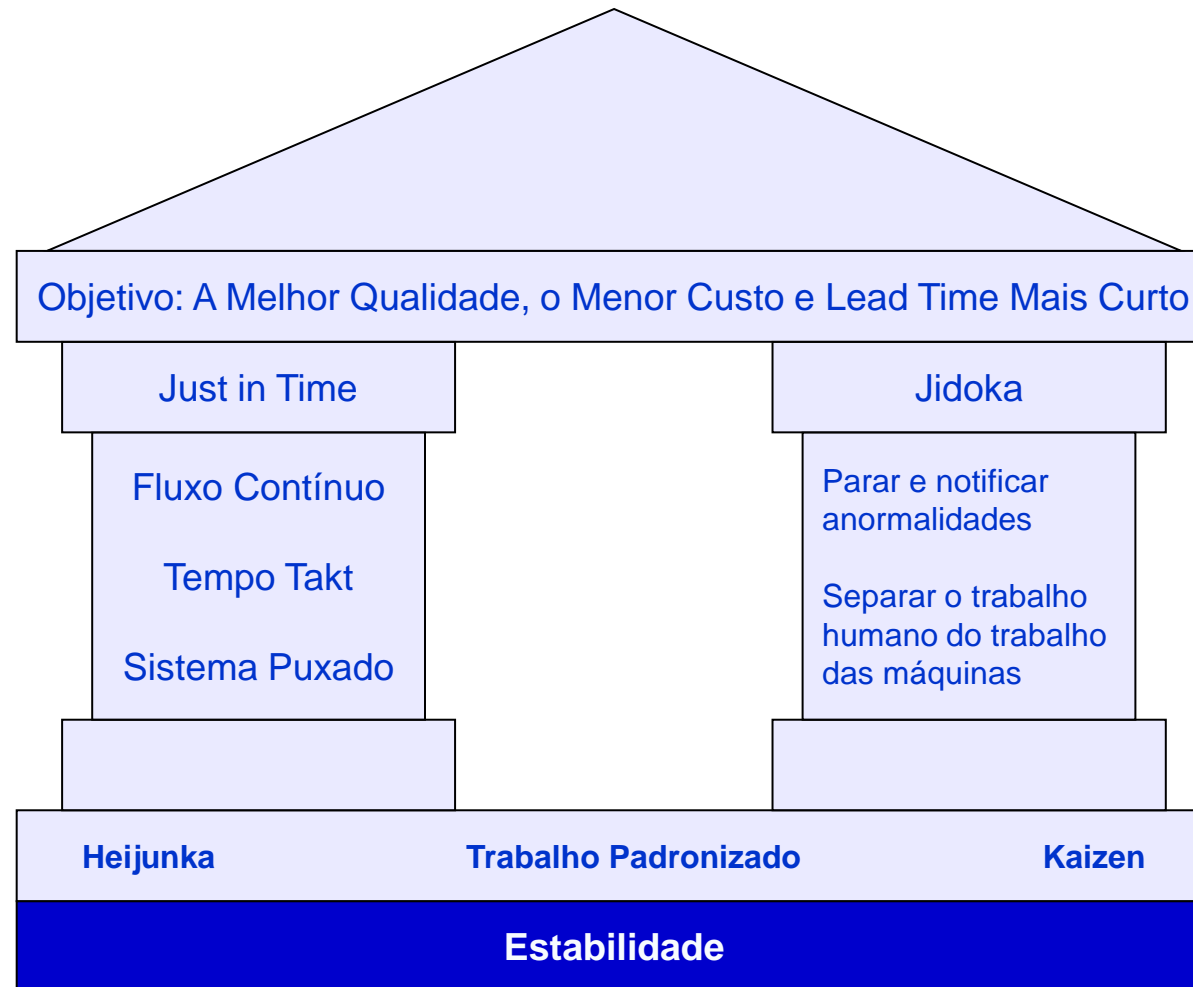
FONTE: WOMACK, J. P.; Jones, D. T.; Roos, D. A Máquina que Mudou o Mundo. p.71. 13ª Ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

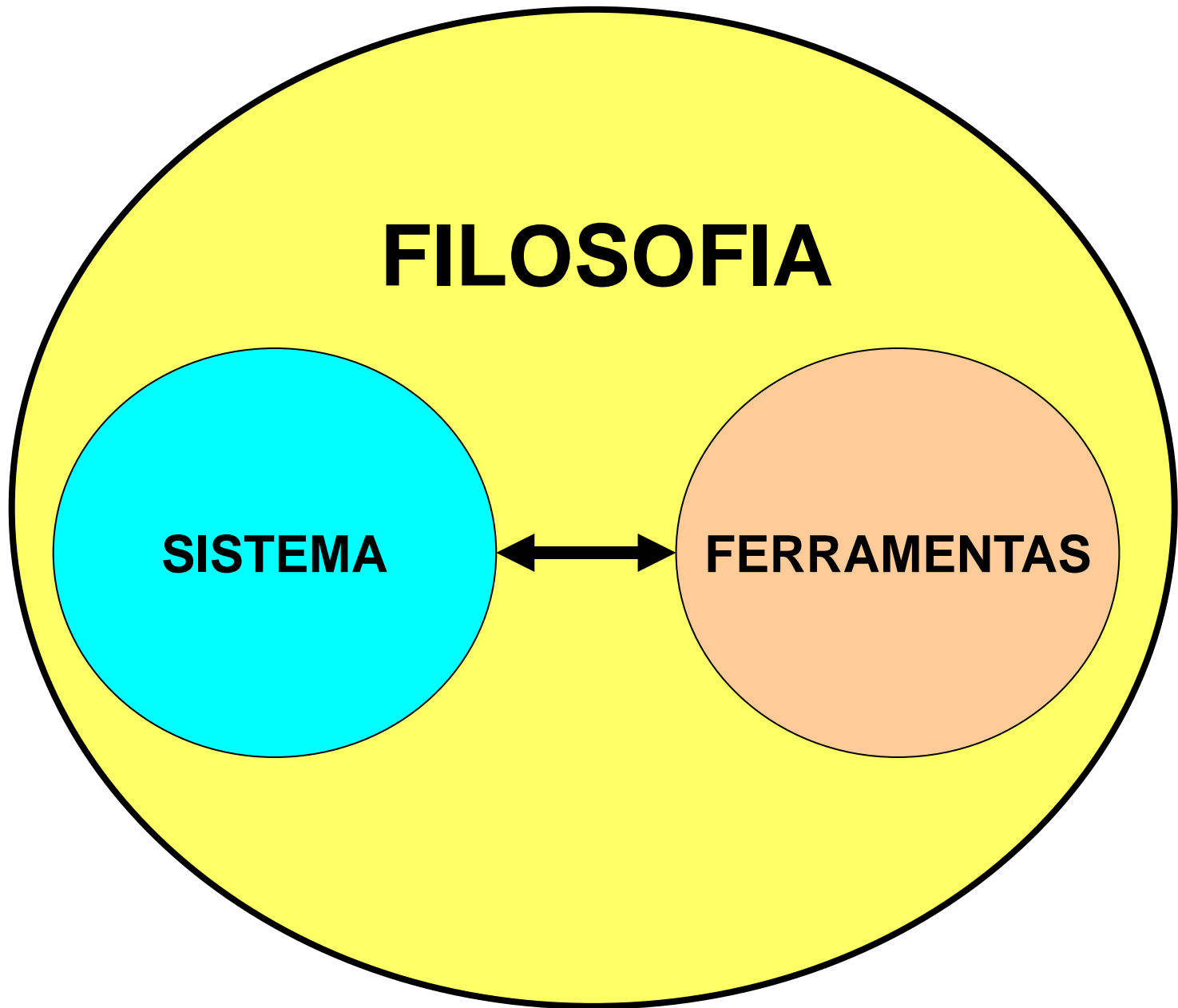
Lean como estratégia para....

- Aumentar a satisfação dos clientes através da melhor utilização possível dos recursos disponíveis.

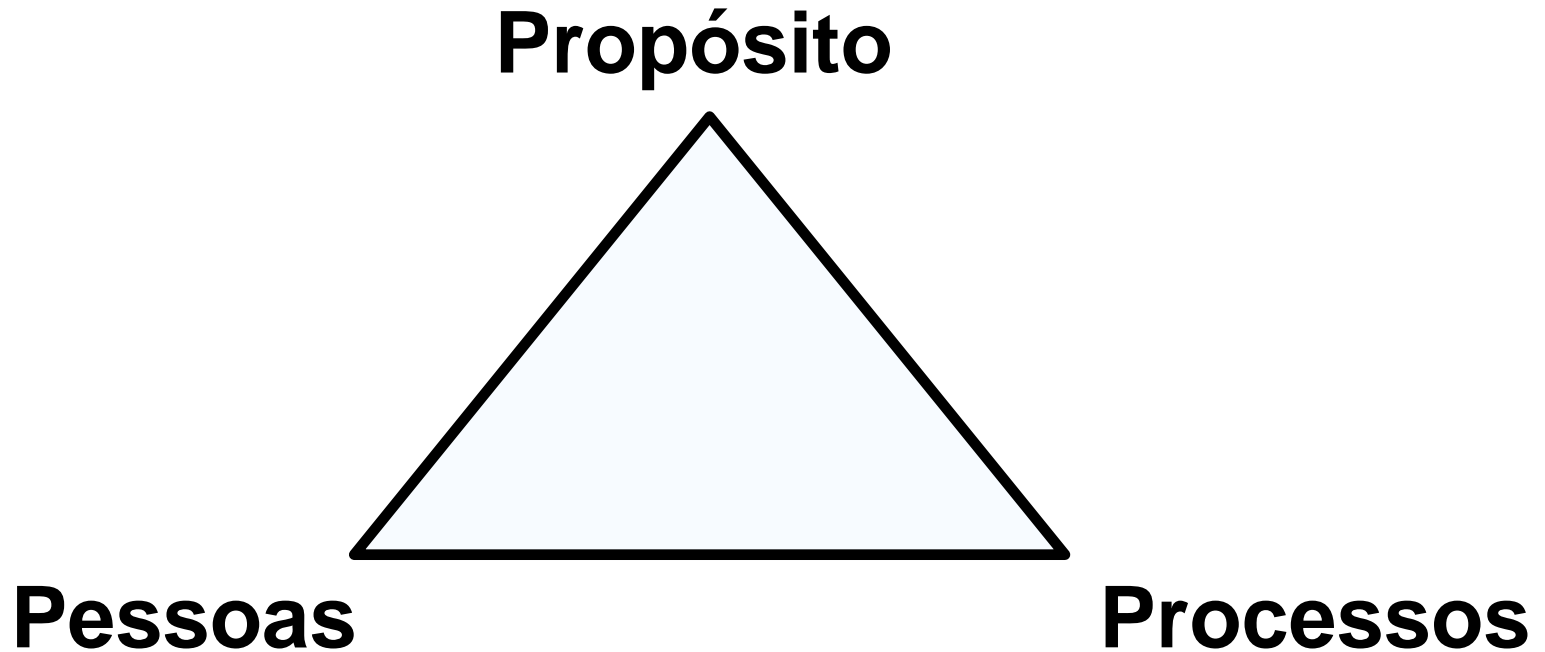
O Sistema Toyota de Produção

A Casa da Toyota





Os 3 Ps



Gestão lean: definir claramente o propósito, estabelecer os processos e alinhar as pessoas.

Propósito

- Fornecer consistentemente valor aos clientes com os custos mais baixos possíveis.

Desperdício: tudo que consome recursos, mas não cria valor

- Taiichi Ohno, lendário líder da Toyota, classificou o desperdício em 7 categorias:
 - Produção em excesso;
 - Movimentação;
 - Espera;
 - Transporte;
 - Estoques desnecessários;
 - Processamento desnecessário;
 - Correções;
 - Outros?

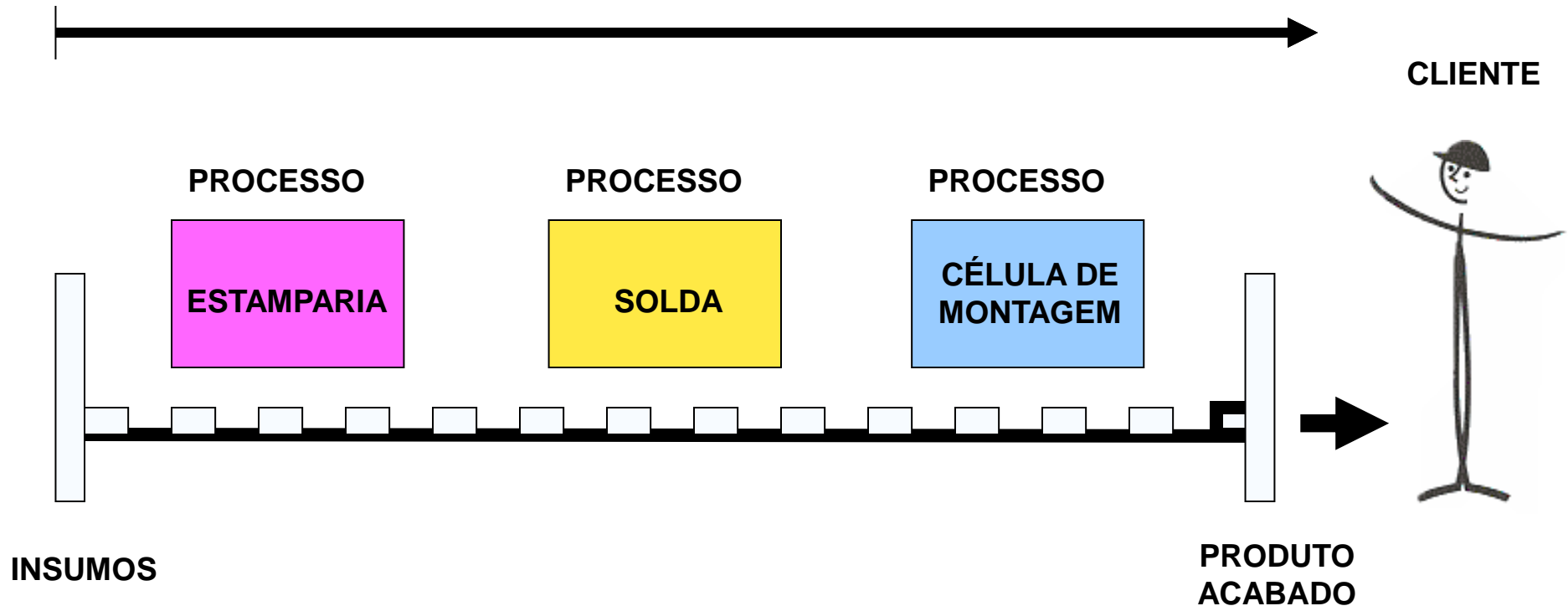


Taiichi Ohno

MUDÁ: Os 7 desperdícios

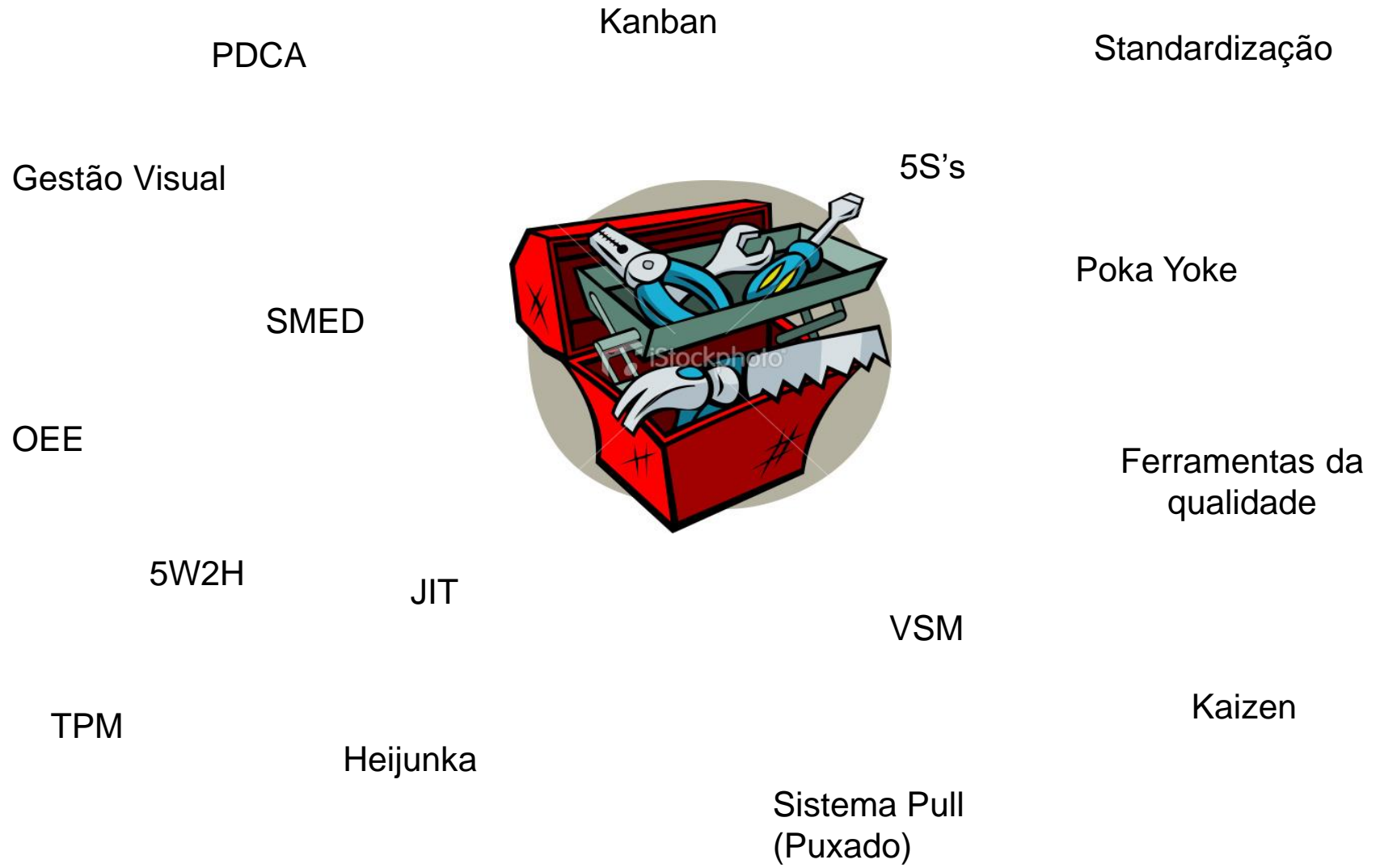
- 1. Superprodução (excesso de produção)**
- 2. Tempo de espera**
- 3. Transporte**
- 4. Processamento em si**
- 5. Estoque disponível**
- 6. Movimento**
- 7. Produção de defeituosos**

Fluxo de valor



São todas as atividades, que criam valor ou não, necessárias para transformar insumos em produtos.

Lean Tools



Lean Tools

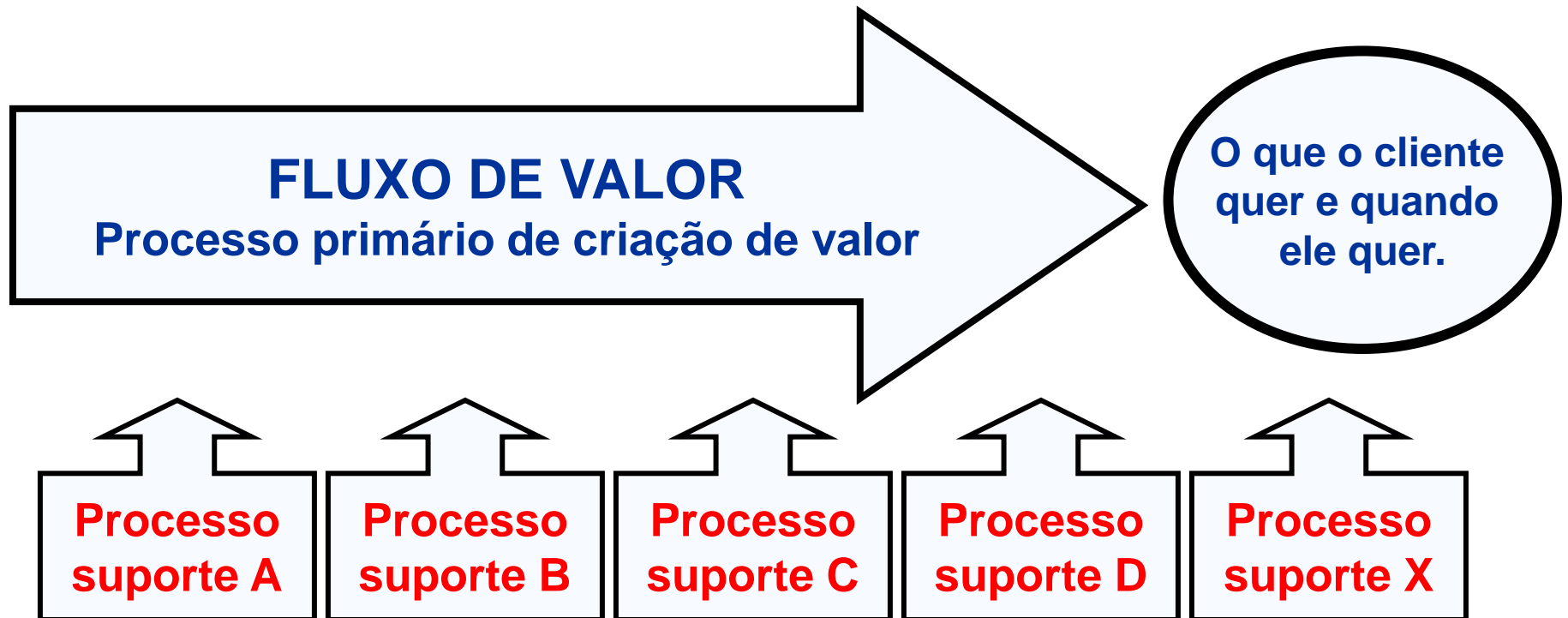


Mais importante que as ferramentas é saber o caminho a seguir. As ferramentas Lean apenas nos auxiliam no caminho.

Processos

- Identificar e melhorar os fluxos primários de valor para projetar, realizar, entregar e manter os produtos e/ou serviços, assim como os fluxos suporte.

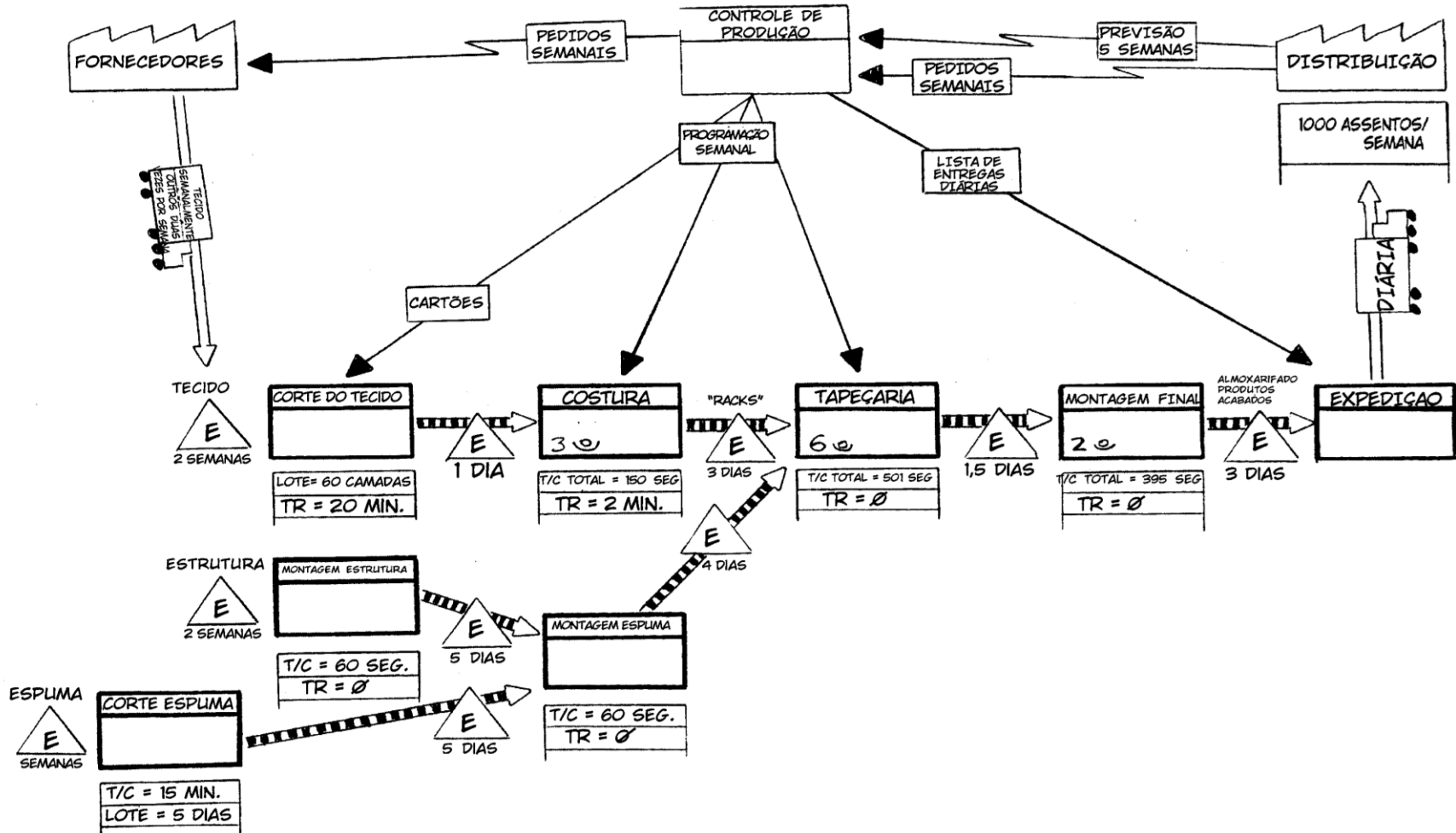
Lean na empresa toda



Exemplos de processos suporte

- Contratar pessoas, consultar crédito, receber dos clientes, fechar contabilidade, desenvolver clientes e fornecedores etc.;
- São processos secundários, que atendem a clientes internos.
 - Não criam valor diretamente para o cliente externo, mas são necessários para o negócio.

Mapeamento do Fluxo de Valor (exemplo)



Fluxo contínuo

- Alinhe as etapas que **realmente criam valor** de modo que elas ocorram em uma seqüência rápida.
- Exija que cada etapa do processo seja:
 - Capaz: certa o tempo todo (qualidade);
 - Disponível: sempre pronta para operar (manutenção);
 - Adequada: com capacidade ideal, evitando gargalos e ociosidades (investimento do tamanho certo).

Em que ritmo produzir?

Tempo takt....

- Representa o ritmo de consumo do cliente;
- Referência que nos serve para determinar o ritmo de produção.

$$\text{Tempo takt} = \frac{\text{tempo disponível}}{\text{demanda}}$$

