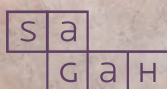


# SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Jesmael Grams



SOLUÇÕES  
EDUCACIONAIS  
INTEGRADAS



# Manufatura enxuta (*lean manufacturing*)

## Objetivos de aprendizagem

Ao final deste texto, você deve apresentar os seguintes aprendizados:

- Definir a origem e conceito da manufatura enxuta.
- Reconhecer os princípios para implementação de uma metodologia enxuta.
- Descrever o sistema enxuto (*lean system*), o método 5S e o *poka-yoke* (à prova de erros).

## Introdução

Ao longo dos anos, o método de produção industrial passou por várias transformações. O avanço da tecnologia, o aprimoramento de pessoas, os fluxos produtivos e outros tantos fatores colaboraram para o progresso como um todo. Processos, pessoas e metodologias fizeram com que produtos de boa qualidade pudessem ser comprados por um menor preço.

A indústria aprendeu a se reinventar com base na necessidade e desafios em situações adversas, como guerras, crises financeiras e momentos em que a própria concorrência forçava a sua evolução natural. Uma das principais metodologias que provocaram essa evolução industrial foi a manufatura enxuta (em inglês: *lean manufacturing*), que teve suas raízes no sistema Toyota de produção.

Neste capítulo, você vai estudar as origens e o conceito da manufatura enxuta. Além disso, analisará os princípios para implementação de uma metodologia enxuta e aprenderá sobre o sistema enxuto (*lean system*), o método 5S e a metodologia *poka-yoke* (à prova de erros).

## Origem e conceito da manufatura enxuta

De acordo com Andrade (2006), o Sistema Toyota de Produção (STP) foi criado pela montadora japonesa Toyota em meados de 1940 por Taiichi Ohno e Eiji Toyoda. Como o STP revolucionou a produção industrial no mundo todo, os anos se passaram e a metodologia Toyota passou por atualizações e incrementos. Manteve, porém, sua essência e princípios iniciais. Estas transformações resultaram em novas vertentes e nomenclaturas, originando assim, a metodologia enxuta.

A expressão manufatura enxuta (*lean manufacturing*) foi elaborada após uma pesquisa empresarial para denominar aqueles trabalhadores que desempenhavam suas atividades com o objetivo máximo de “fazer sempre mais com menos”. O precursor dessa pesquisa foi o *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), tendo como resultado em 1992 o livro *A máquina que mudou o mundo*, de Womack e Jones, cuja distribuição disseminou o pensamento enxuto ao redor do mundo (WOMACK; JONES; ROOS, 1996).

A manufatura enxuta também trabalha, assim como o Sistema Toyota de Produção, com o objetivo maior de eliminação de perdas e redução de custos. Na época da criação do STP, a Toyota passava por um período pós-guerra marcado por muitas dificuldades, fazendo com que seu foco estivesse na redução dos custos e otimização dos estoques, evitando perdas. Sabendo que as perdas eram de certa forma inevitáveis, a Toyota propôs mapear os desperdícios, estabelecendo categorias que ficaram conhecidas como “as sete grandes perdas”. De acordo com Shingo (1996), são elas:

- a) superprodução;
- b) espera;
- c) transporte;
- d) processamento;
- e) movimentação;
- f) produtos defeituosos;
- g) desperdícios de estoques.

Definida essa abordagem, a Toyota começou a desenvolver ferramentas para combater o desperdício. Com o passar do tempo, a montadora desenvolveu uma série de conceitos, essas ferramentas foram agrupadas no pensamento Toyota, que foi crucial para o pensamento enxuto.

O conceito de manufatura enxuta se relaciona diretamente com o Sistema Toyota de Produção adicionando algumas premissas à sua filosofia. Seu conceito abrange todas as ações para entregar o máximo de valor ao cliente com a menor quantidade de recursos, valorizando também as pessoas ligadas ao processo produtivo. Dessa forma, a metodologia enxuta, além de ter o objetivo de “fazer mais com menos”, desafia as pessoas envolvidas no trabalho para que se tornem profissionais melhores.



**Figura 1.** Pensamento *lean*: uma única lâmpada ilumina mais que cinco lâmpadas.

*Fonte:* Planet Lean (c2018).

## Os cinco princípios da metodologia enxuta

A metodologia enxuta conta com uma série de princípios e ferramentas de aplicação. Para Womack e Jones (2003), a aplicação desses princípios resultará no ciclo chamado “estado enxuto”. O estado enxuto é originado pela otimização do processo e pela eliminação de perdas. Em suma, os produtos serão desenvolvidos com o mínimo de custos, material, e esforço humano. Vejamos abaixo cada um desses princípios detalhadamente de acordo com Machado (2006).

## O princípio do valor

Conhecer as especificações, necessidades e desejos do cliente é primordial. O princípio do valor trabalha na premissa que, se você fabricou um produto que não atende a expectativa do cliente, isso é contabilizado como desperdício. Trabalhar o valor do produto para saciar a necessidade e os desejos do seu cliente é fundamental para a sua marca, para a satisfação do cliente e a sua fidelização. De forma resumida, o objetivo é de ouvir o cliente e produzir um produto que o satisfaça.

## O princípio do fluxo de valor

É o conjunto de atividades para a elaboração de um produto, independente qual for. O princípio do fluxo de valor trabalha de forma sistemática com solução de problemas, gerenciamento de informação e transformação da matéria prima em produto final. O objetivo desse princípio é o mapeamento total de todo fluxo produtivo, descobrindo atividades no meio do processo que geram ou não valor.

## O princípio do fluxo

Após mapear o fluxo de valor e eliminar as atividades que de fato não agregam, a próxima etapa é a de potencializar o rendimento das atividades que criam valor. Essa etapa é desafiadora, pois exige mudanças de pensamento. O ponto chave desse princípio é a inovação nas funções dos trabalhadores, criando maior valor em seus produtos pelo fluxo. Pelo fluxo, a empresa inteira pode remodelar sua forma de trabalho. O objetivo dessa etapa é de criar um fluxo contínuo para que os clientes recebam seus produtos de forma instantânea, com valor agregado e sem desperdícios na linha de produção, gerando economia à empresa.

## O princípio do sistema puxado

O pensamento enxuto não só mede valores e necessidades dos clientes, mas também como e quando o produto chega ao cliente. Esse princípio notoriamente se relaciona ao sistema puxado do STP, que se resume em o cliente puxar o produto da empresa quando for necessário. Como os princípios trabalham de forma conjunta, é necessário que o princípio do fluxo seja realizado para que o sistema puxado tenha êxito. Vale ressaltar que o *kanban* (cartão) e o JIT (*Just-In-Time*) são importantes nesse fluxo.

## O princípio da perfeição

O último princípio é a busca pela perfeição. Baseia-se na metodologia da melhoria contínua (*kaizen*) e melhoria radical (*kaikaku*) no fluxo de valor. Vale ressaltar que os quatro princípios anteriores trabalham de forma conjunta e o quinto princípio funciona como uma “meta traçada”, mostrando os resultados efetivos e fazendo com que o trabalho dos princípios leve ao estágio final, que é a perfeição.



**Fique atento**

Fique atento com relação aos termos em inglês e japonês que se encontram nesse capítulo.

## **Sistema enxuto (*lean system*)**

Um sistema enxuto trabalha de forma conjunta com todos os princípios mencionados, e também, com o Método 5S e a metodologia *poka yoke* (à prova de erros). De acordo com Cardoza e Carpinetti (2005), a base de funcionamento do Sistema Enxuto é o *Just-In-Time*, que representa o tempo e quantidade propícios (o que for necessário no tempo exato) e a autonomia (automação com toque humano).

No sistema de produção enxuto um dos objetivos é produzir e receber lotes pequenos de produtos e insumos. A lógica é que uma área específica só produza para a próxima etapa quando solicitada ou avisada de que os componentes já foram utilizados.

Uma empresa que pensa em adotar a metodologia enxuta, resultando em um sistema enxuto completo, deve ter também ferramentas que permitam analisar os dados com exatidão. Um exemplo de ferramenta de análise é o sistema de avaliação de desempenho, conhecido também como *balanced scoreboard*.

Segundo Ohno (1997), um dos maiores problemas em uma linha fabril é que cada área tem sua visão, e a fábrica não consegue andar com um pensamento único. Isso acaba trazendo complicações ao processo de tomada de decisão. Além disso, pode provocar o surgimento de gargalos na produção, e tornar mais difícil a sua identificação e tratamento. Frente a este cenário, o autor defende a implementação de um sistema enxuto como forma de mudar a mentalidade dos trabalhadores, que devem “respirar” o pensamento enxuto e aplicá-lo ao dia a dia, colaborando assim para a mudança do cenário apresentado.

A imagem abaixo mostra um comparativo entre o sistema enxuto (representado pela Toyota) e um sistema de produção tradicional (representado pela Ford), sinalizando os principais benefícios derivados do primeiro.

**Quadro 1.** Comparativo entre um sistema enxuto e um sistema com produção tradicional

Característica	Ford	Toyota	Benefício
<b>Fluxo de peças unitárias</b>	Somente na montagem	Interligação do processo e montagem	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Ciclos curtos</li><li>■ Inventários reduzidos de produtos acabados</li><li>■ Estoque intermediário pequeno</li></ul>
<b>Tamanho do lote</b>	Grande	Pequeno	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Redução de estoque intermediário</li><li>■ Produção contra pedido</li></ul>
<b>Fluxo do produto</b>	Produto único (poucos modelos)	Produto misto (muitos modelos)	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Redução de estoque intermediário</li><li>■ Ajustes para mudanças</li><li>■ Promoção do equilíbrio de carga</li></ul>

Fonte: Adaptado de Shingo (1996).



### Saiba mais

Para saber mais sobre a origem da manufatura enxuta e seus princípios e sistema, leia *A máquina que mudou o mundo* de Womack, Jones e Roos (1996).

Para que a metodologia enxuta seja aplicada com sucesso, é necessário um conjunto de ferramentas que atuem de forma integrada com os cinco princípios já apresentados. Entre estas ferramentas, cabe destacar o sistema 5S e a metodologia *poka yoke*, que você conhecerá mais a seguir.



## Método 5S

O método 5S foi o alicerce de implementação da qualidade geral nas empresas, sendo considerado como base de sustentação da manufatura enxuta. Surgiu na década de 1960 no Japão e foi responsável pela recuperação de empresas japonesas no período, despertando interesse do próprio governo japonês.

O ponto chave do método 5S é a eliminação do desperdício em cinco fases, que são:

1. *Seiri* (descarte) – Tenha somente a quantidade certa.

Cada trabalhador deve saber diferenciar o que é útil ou não. Descartar o que é desnecessário resulta em maior concentração e eliminação da perda de tempo com coisas que não interessam no momento. O *seiri* tem como vantagens a redução de necessidades de estoques, otimização da ocupação do espaço e do transporte interno.

2. *Seiton* (arrumação) – Cada coisa no seu devido lugar.

O trabalhador deve saber também que, além de ter somente o necessário para suas funções, seus instrumentos de trabalho devem estar em seu devido lugar e próximo do seu local de trabalho, tendo como vantagem a acessibilidade.

3. *Seiso* (limpeza) – Todos devem ter a consciência da importância de um ambiente limpo.

O *seiso* preza pelo bom ambiente de trabalho e pela boa imagem da empresa, além de ter uma vantagem muito importante que é a identificação de pontos de contaminação, como invasão de insetos e outros agentes que podem prejudicar a limpeza do ambiente.

4. *Seiketsu* (padronização) – Repetição regular de todas as fases anteriores como práticas padrão.

Cumpridas todas as fases anteriores, deve ser elaborada uma rotina para que as mesmas ocorram de forma constante. A repetição regular e sistemática faz com que os anteriores tenham êxito e a empresa sempre permaneça com a sua qualidade interna em níveis adequados.

**5. *Shitsuke* (disciplina)** – Que as atividades anteriores se tornem sistêmicas e regulares.

Essa fase está relacionada a manutenção sistemática, permitindo que o 5S se torne um hábito com o passar do tempo. O *shitsuke* tem maior eficácia quando interligado a outros pensamentos do sistema enxuto, como a utilização dos princípios acima abordados.

Um fator importante para o sucesso do 5S é o estabelecimento de uma equipe de auditoria, com a finalidade de manter a constância do modelo. Sabe-se que toda transformação exige sacrifícios, e a criação de um hábito pode levar muito tempo; assim, uma equipe que audite os setores da empresa é fundamental no início e no andamento do trabalho.



**Figura 3.** Utilização do *seiri* (descarte): o que for desnecessário deve ser removido do local de trabalho e separado em local adequado para descarte.

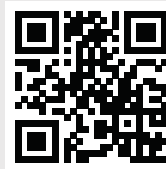
*Fonte:* Nortegubisian (2016).



### Link

Quer expandir seus conhecimentos no assunto? Assista ao vídeo sobre pensamento enxuto em:

<https://goo.gl/SAhhTM>



## ***Poka yoke* (à prova de erros)**

Segundo Shingo (1996), *poka yoke* consiste em um mecanismo para detecção de anormalidades no fluxo produtivo, que, interligado à essa operação, impede a execução irregular de uma atividade operante. O *poka yoke* é uma maneira elaborada de bloquear os principais percalços que podem acontecer no meio de uma produção, podendo até antecipar e detectar possíveis defeitos no produto final. Dessa forma, o percentual de produtos defeituosos a serem entregues aos clientes diminui bruscamente, e os princípios de valor de um sistema enxuto se mantêm forte na empresa.

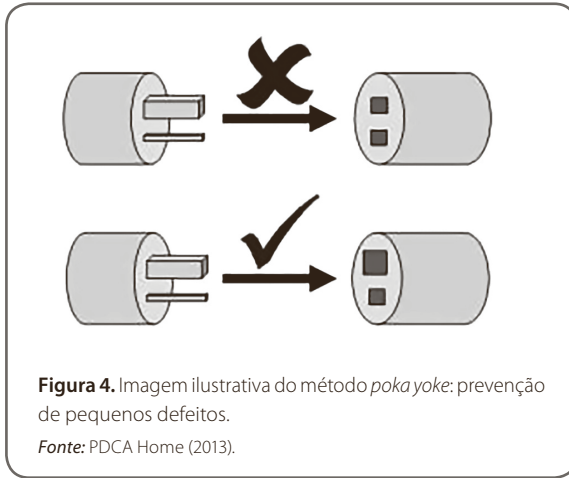
Na própria Toyota, os dispositivos *poka yoke* são utilizados para detectar a raiz de defeitos que tiveram certa recorrência nos dados levantados, valendo ressaltar que os próprios dispositivos também são auto avaliados com frequência, para que o próprio nome (à prova de erros) seja válido. De acordo com Ohno (1997), os defeitos ocorrentes são imperfeições, e imperfeições são resultados de erros passados, como por exemplo, simples descuidos por parte do trabalhador de estágios anteriores.



### **Exemplo**

Se considerarmos uma montadora — que trabalha em linha contínua — caso um trabalhador venha a cometer um erro em estágio inicial da linha (como aparafusar uma peça de forma errada ou riscar a lataria), e um trabalhador do estágio seguinte cometer outro (como encaixar o farol de forma errônea), e estes erros passarem despercebidos, como você imagina que ficaria a qualidade do produto final? Certamente estaria bastante comprometida.

O mecanismo *poka yoke* trabalha de duas maneiras: a primeira se relaciona com o método de controle com o qual o sistema é ativado, parando a linha de processamento de acordo com a sua apuração. A segunda se relaciona com a advertência do operador por meio de sinal sonoro e iluminação. Assim, o mecanismo *poka yoke* se interliga com o conceito da autonomia (*jidoka*), elaborado pelo Sistema Toyota de Produção.



**Figura 4.** Imagem ilustrativa do método *poka yoke*: prevenção de pequenos defeitos.

Fonte: PDCA Home (2013).

## Lean Seis Sigma

No contexto da manufatura enxuta, a busca pelo aumento da qualidade e pela redução do desperdício, perdas e custos são demandas constantes, que fomentam o desenvolvimento das metodologias existentes e até mesmo o surgimento de novas metodologias adaptadas a novos cenários. Muitas vezes, ocorre também a utilização conjunta de filosofias, metodologias e programas, formando um novo modelo, como é o caso do *lean Seis Sigma*.

O *lean Seis Sigma* surgiu tendo como pano de fundo o contexto da gestão da qualidade e é formado por um conjunto de ações planejadas e executadas em todo o ciclo produtivo. Essas ações são implantadas nas organizações com a finalidade de garantir a qualidade requerida e planejada, visando garantir a maior satisfação de seus clientes. Atrrelado ao conceito de gestão da qualidade está a melhoria contínua (MC). Os programas de MC surgiram a partir de sistemas que se concentravam na linha de produção industrial para reduzir o desperdício e melhorar a qualidade do produto. A partir daí, evoluíram e se transformaram em programas que podem ser aplicados nos mais diversos aspectos de uma organização, do processo ao produto. Entre as iniciativas mais utilizadas pelas organizações na busca pela melhoria contínua da qualidade estão a gestão da qualidade total (também denominada TQM, do *inglês total quality management*), *lean manufacturing*, o Seis Sigma e o próprio *lean Seis Sigma*. Essas iniciativas estão intimamente relacionadas, como é o caso do Seis Sigma, que foi originalmente desenvolvido como parte da TQM (ALVES FILHO *et al.*, 2019; JACOBS; CHASE, 2012).

Essas quatro iniciativas formam um conjunto chamado **mecanismos de apoio da melhoria contínua**, que tanto apoiam quanto difundem a MC. O Quadro 2 apresenta um breve resumo das características principais de cada mecanismo, incluindo a informação sobre o ano de surgimento, objetivos, princípios e ferramentas utilizadas.

**Quadro 2.** Resumo dos principais programas de suporte

Programas	Início	Objetivos	Princípios	Métodos e ferramentas
TQM	1950	Melhorar e uniformizar o processo	Fazer com que todos estejam comprometidos com a qualidade e o foco no cliente	PDCA, ferramentas estatísticas e ferramentas gerenciais
<i>Lean manufacturing</i>	1960	Fornecer alto valor para o cliente e reduzir desperdícios	Usar as melhores práticas e processos para aprimorar a eficiência, eliminar desperdícios, aumentar o foco no cliente, reduzir custos e acelerar e flexibilizar os processos	Mapa de fluxo de valor, 5S, <i>poka-yoke</i> , redução de <i>set up</i> , JIT, <i>kanban</i> , padronização do trabalho, entre outros.
Seis Sigma	1980	Aplicar a melhoria de produtos e processos e a minimização da variação	Diminuir a variabilidade e erros do processo	DMAIC, controle estatístico do processo e ferramentas estatísticas (ANOVA, teste de hipótese, entre outras)

(*Continua*)

(Continuação)

**Quadro 2.** Resumo dos principais programas de suporte

Programas	Início	Objetivos	Princípios	Métodos e ferramentas
Lean Seis Sigma	2000	Reduzir variação, acelerar a produção e reduzir o desperdício	Usar as melhores práticas do <i>lean</i> e do Seis Sigma para aumentar a satisfação do cliente e diminuir os erros	Ferramentas usadas no <i>lean manufacturing</i> e no Seis Sigma

*Fonte:* Adaptado de Alves Filho *et al.* (2019).

O objetivo central das iniciativas voltadas à MC é essencialmente o mesmo: minimizar o desperdício e utilizar recursos por meio de melhorias, aumentando a satisfação do cliente e os resultados financeiros. Contudo, ainda que compartilhem o mesmo objetivo central, possuem definições diferentes, como você verá a seguir (ALVES FILHO *et al.*, 2019; JACOBS; CHASE, 2012; SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2015).

A **gestão da qualidade total (TQM)** é uma abordagem destinada à promoção de mudança organizacional que enfatiza a criação de um ambiente favorável a aspectos como inovação e criatividade e ainda promove a ação conjunta de gerentes, colaboradores e clientes, utilizando soluções participativas de solução de problemas. Assim, a TQM pode ser definida como um sistema estruturado que visa criar a ampla participação e um processo de melhoramento contínuo de modo a exceder as expectativas do cliente. Tem como base a ênfase no controle estatístico do processo, que é fundamentado na análise de variâncias e comportamentos amostrais. Para isso, utiliza ferramentas como as sete ferramentas do controle da qualidade, as sete ferramentas gerenciais, gestão à vista e *benchmarking*, além de utilizar princípios como liderança e satisfação do cliente e também ferramentas estratégicas, como o desdobramento da função qualidade e o planejamento estratégico, conjunto esse que cria uma interface entre o nível corporativo e o operacional.

A filosofia *lean manufacturing* ou manufatura enxuta visa a geração de valor para o cliente, empregando práticas como 5S, *poka-yoke*, mapa de fluxo de valor, manutenção preventiva e *kanban*. A adoção dessa filosofia não requer necessariamente recursos altamente especializados, permitindo que, com algum treinamento, os seus princípios possam ser incorporados pela organização, proporcionando mudanças incrementais e redução de custos. O “pensamento enxuto” por ela proporcionado é focado na redução do desperdício, com o objetivo de diminuir o esforço humano, assim como estoque, tempo para o desenvolvimento de produtos, movimentação, tempo de espera, espaço, de modo a tornar a operação mais flexível na resposta à demanda, ao mesmo tempo que busca a perfeição. Ou seja, uma metodologia de gestão que otimiza custos e reduz o tempo e os desperdícios de uma empresa associada a uma estratégia de negócios voltada essencialmente à satisfação do cliente.



### Exemplo

Pode-se dizer que a primeira organização a aplicar a manufatura enxuta foi a Toyota, já que a *lean manufacturing* surgiu a partir do Sistema Toyota de Produção (STP), um sistema integrado de filosofia e práticas de gestão que foi um divisor de águas da indústria (começando pela automobilística), permitindo uma grande evolução em termos de rapidez e qualidade. O STP deu origem a uma estrutura organizacional focada em integrar pessoas com as tecnologias disponíveis no local do trabalho, tendo como principais objetivos a prevenção de falhas e a eliminação do desperdício (em suas diversas formas). Tendo demonstrado sua valia na indústria automobilística, a manufatura enxuta se espalhou ao contexto geral, passando a ser adotado por diversas empresas, dos mais diversos segmentos e portes. Uma delas é a John Deere, multinacional que aplica *lean manufacturing* com sucesso no setor de produção de equipamento industriais, máquinas e implementos agrícolas. Para alinhar sua produção com os princípios da filosofia lean, a empresa, que é a maior fabricante de produtos agrícolas do mundo, investiu US\$ 100 milhões, transformou seus processos e, principalmente, a mentalidade da equipe de engenharia de fabricação, identificando atividades que não agregavam valor e eliminando-as. O *lean manufacturing* foi usado para monitorar a produção de cada parte do processo produtivo, permitindo que a empresa passasse a não produzir mais do que o necessário e consumisse recursos de forma mais inteligente no processo. Muitos mecanismos de controle de qualidade foram 100% automatizados, o que resultou em mais peças verificadas quanto a defeitos em um período mais curto, com mais produtos fabricados diariamente e oferecidos ao consumidor por um preço menor.

O programa **Seis Sigma** (Six Sigma, em inglês) pode ser definido como uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa que possui o objetivo de aumentar a lucratividade das empresas por meio da melhoria de produtos e processos e, como consequência, aumentar a satisfação dos clientes. Para isso a metodologia tem como princípio central a minimização de defeitos a praticamente zero, o que é feito com a utilização do método DMAIC:

- *define* — definir oportunidades;
- *measure* — medir o desempenho;
- *analyze* — analisar as oportunidades;
- *improve* — melhor o desempenho;
- *Control* — controlar o desempenho.

O Seis Sigma é um programa de melhoria focado na redução de variabilidade nos processos, o que inclui não apenas aqueles voltados à manufatura, mas também aqueles desempenhados nas áreas administrativas da organização, podendo realizar melhorias tanto incrementais (com foco na melhoria) quanto radicais (com foco no redesenho de um processo).



### Saiba mais

A letra grega sigma ( $\delta$ ) é usada para indicar o desvio-padrão de um processo, que possui direta relação com a variação apresentada pelo processo e impacta sobre a qualidade do que é produzido por ele. Um sigma de nível 6 indica que o processo gera menos de 4 defeitos a cada milhão de unidades produzidas, resultando em 99,99966% de conformidade, ou seja, defeito quase zero dadas as proporções. Já sigmas de níveis menores que seis indicam que o processo gera mais defeitos e por isso tem menores índices de conformidade: sigma de nível dois, por exemplo, equivale a 308.537 defeitos por milhão de unidades, gerando uma conformidade de 69,15% (RIBEIRO; TEN CATEN, 2012). Sendo assim, no contexto da qualidade total, deseja-se que faixa de especificação de qualquer parte de um produto ou serviço seja de mais ou menos seis desvios-padrão do processo (sigma nível 6); daí a denominação Seis Sigma.



O Seis Sigma, assim como o *poka-yoke*, é um método que busca promover o zero defeito, tendo como característica marcante o foco na qualidade. Porém, o caminho utilizado pelo Seis Sigma para atingir este objetivo é a identificação, controle e eliminação da variabilidade nos processos. Assim, o Seis Sigma corresponde a um conjunto de práticas desenvolvidas para melhorar sistematicamente os processos ao eliminar defeitos, considerando-se que um defeito é definido como a não conformidade de um produto ou serviço com suas especificações. Refere-se a um conjunto de filosofias e métodos que as empresas utilizam para atingir o zero defeito em seus processos e produtos, tendo como base a análise estatística, que auxilia a descrição de um processo em termos de sua variabilidade. Um processo que esteja sobre o controle de nível Seis Sigma normalmente não produz mais do que quatro defeitos em cada milhão de unidades. Nesse ponto, observa-se a importância do conceito *poka-yoke* (à prova de erros), em que os produtos e processos são projetados de forma a eliminar qualquer possibilidade prevista de defeitos.

Entre os aspectos mais essenciais para a eficácia do Seis Sigma se destacam o comprometimento da gerência com o programa, dada a necessidade da alocação de recursos para sua implementação e manutenção, e a mudança cultural, visto que a implementação da filosofia Seis Sigma requer ajustes na cultura da organização (alinhando-a à filosofia *lean*) e uma nova atitude por parte de seus integrantes, que devem se manter motivados para lidar com os desafios e o rigor que o programa impõe, especialmente no que diz respeito à coleta e mensuração dos dados dos processos.



### Exemplo

A metodologia Seis Sigma tornou-se conhecida no fim da década de 1980, quando a Motorola a introduziu, a fim de controlar e melhorar a qualidade, por meio da utilização de ferramentas estatísticas. A empresa estava apresentando um nível de qualidade abaixo do desejado em seus produtos, que apresentavam elevados índices de defeitos. Para mudar esse cenário, foi traçada a meta de melhorar a qualidade em dez vezes dentro de cinco anos. Os executivos da empresa iniciaram então a elaboração de um programa corporativo que permitisse o atingimento da meta, programa mais tarde batizado de Seis Sigma. Partindo de uma metodologia já conhecida — o PDCA (medir, analisar, melhorar e controlar) —, a Motorola iniciou um programa de documentação

dos processos-chave, alinhamento dos processos com os requisitos fundamentais dos clientes e instalação de sistemas de medição e análise para melhoria contínua dos processos. Com a implementação do programa, a qualidade foi melhorada em cem vezes, ou seja, dez vezes a meta traçada, e a empresa passou a ser reconhecida como referência em qualidade.

Com base no sucesso da Motorola, outras empresas passaram a utilizar com êxito o programa e a divulgar enormes ganhos, gerando interesse pela metodologia. O caso de maior notoriedade na aplicação do Seis Sigma foi o da General Eletric (GE), iniciada no final da década de 1990. A implantação da metodologia levou a empresa ao alcance de resultados financeiros expressivos, com ganhos de aproximadamente US\$ 2 bilhões após dois anos da implementação. No Brasil, o Seis Sigma foi disseminado a partir de 1997, quando o Grupo Brasmotor introduziu o programa em suas atividades e apurou ganhos de R\$ 20 milhões após dois anos.

Como forma de enfatizar os elementos das várias abordagens destinadas ao melhoramento das operações, algumas organizações mesclam duas ou mais abordagens para formar modelos híbridos que combinem suas melhores características. Uma das mais conhecidas dessas combinações é o ***lean Seis Sigma*** (também denominado Lean Six Sigma, Seis Sigma enxuto ou Lean-Sigma). Da combinação do *lean manufacturing* com o Seis Sigma, surgiu a metodologia do *lean Seis Sigma*, que consiste na união dos métodos “enxutos” e dos conceitos Seis Sigma: mescla a redução de desperdício da filosofia enxuta com o rigor decorrente do controle da variação de Seis Sigma.

Tal combinação ajuda as organizações a maximizarem seu potencial de melhoria, pois no *lean Seis Sigma* o desperdício pode ser removido de forma rápida: as variações nos processos são percebidas e reduzidas mais facilmente, permitindo focar naquilo que efetivamente representa valor para o cliente e entregar o produto ou serviço com melhor qualidade. Tal condição se torna possível em função de que o *lean Seis Sigma* combina as ferramentas de implementação e controle de qualidade do Seis Sigma com os conceitos de gestão do *lean manufacturing* e seu pensamento enxuto.



### Exemplo

O *lean* Seis Sigma é uma metodologia muito útil no ambiente organizacional, que pode ser aplicada nas mais diversas situações. Atualmente, esses programas e suas ferramentas são utilizadas não somente nas operações de manufatura, mas também em outros diversos processos, como contas a receber, vendas, finanças, sistemas da informação, *marketing*, jurídico, relações públicas, recursos humanos, pesquisa e desenvolvimento, serviços de proteção ambiental e saúde e segurança de empresas.

Pode-se concluir, portanto, que o *lean* Seis Sigma promove a junção dos objetivos propostos pelo *lean* “tradicional” e pelo Seis Sigma. Ou seja, no Lean Seis Sigma, busca-se gerar valor para o cliente por meio da qualidade e da redução de desperdícios, mas isso é feito de forma mais ágil, uma vez que o controle e redução da variabilidade nos processos permite identificar e solucionar mais rapidamente as inconsistências que levariam a defeitos. É possível dizer que o que diferencia as duas metodologias (*lean* e Seis Sigma) é o mesmo que as fazem complementares. Ao mesmo tempo que dividem um objetivo comum, elas se utilizam de meios distintos para identificar as fontes de resíduos processuais e os erros: o *lean* otimiza o processo enquanto o Seis Sigma elimina desperdícios decorrentes das variações desse processo. Dessa forma, as deficiências da organização são localizadas de maneira mais rápida e eficiente. Tendo isso em conta, percebe-se que a diferença mais básica entre *lean* “tradicional” e *lean* Seis Sigma é o fato de que o segundo tem a capacidade de fazer com que os objetivos do primeiro sejam atingidos de forma mais rápida e efetiva.

## A implementação do *lean* Seis Sigma

A implementação do *lean* Seis Sigma requer a consideração de algumas recomendações e o cumprimento de algumas etapas. Para começar, é preciso destacar que o Lean Seis Sigma é mais do que uma metodologia de otimização: é uma forma de pensar. É preciso ainda atenção para evitar que a ânsia por mudança acabe boicotando o projeto: deve-se cuidar para que cada uma das etapas seja efetivamente executada e a seu tempo, sem “pular” nenhuma. A tentativa de apressar o processo ou adaptá-lo demais à empresa pode ser prejudicial ao desempenho já atingido. Além disso, o *lean* Seis Sigma exige

a consciência de que todos na empresa têm a capacidade e a responsabilidade de zelar pelo avanço contínuo da organização.

Quanto às etapas, a primeira deles, antes mesmo de traçar objetivos e metas, consiste no alinhamento da equipe: para que se possa atingir o resultado esperado, é essencial que todos os envolvidos, direta ou indiretamente, entendam a metodologia, para que possam perceber valor no tempo e nos esforços exigidos pelo projeto. Após o estudo aprofundado do método, é feito um diagnóstico inicial, tendo como parâmetro o cenário vigente da empresa, e são traçados objetivos e metas. Neste ponto, é preciso lembrar que a empresa é um organismo, e assim tanto o diagnóstico quanto a implementação do *lean* Six Sigma deve percorrer todos os seus setores. Com base nesse panorama é que são aplicados os conhecimentos do *lean* e do Seis Sigma, tomando o cuidado de escolher as técnicas apropriadas para cada necessidade, evitando retrabalho ou até a inadequada interpretação de um problema. Afinal, certos problemas serão mais eficientemente resolvidos com as técnicas de algum dos métodos: em situações menos complexas onde há menor número de variáveis envolvidas, é apropriado um conhecimento mais *lean* que Seis Sigma, por exemplo. Por fim, com as mudanças já em ação, deve-se proceder com a constante revisão do projeto: esse é o caminho para garantir o sucesso não só no curto como também no longo prazo.

Além disso, cabe comentar que a implementação do *lean* Seis Sigma costuma demandar a utilização combinada de uma série de ferramentas, que formam um conjunto denominado **ferramentas da qualidade**. Elas consistem em técnicas gráficas específicas bastante úteis na resolução de problemas relativos à qualidade, entre as quais estão fluxograma, cartas de controle, diagrama de causa-efeito (espinha de peixe, ou diagrama de Ishikawa), folhas de verificação, histogramas, gráficos de dispersão e diagrama de Pareto.



### Saiba mais

Para oportunizar a melhor compreensão da metodologia do *lean* Seis Sigma, nada melhor que a verificação de um caso prático. No artigo “Implantação do *lean* Seis Sigma em uma indústria de fios têxteis”, publicado na revista digital *GEPROS*, você pode acompanhar, em detalhes, um exemplo da implantação do *lean* Seis Sigma em uma organização industrial.



## Referências

ANDRADE, G. J. P. O. *Um método de diagnóstico do potencial de aplicação da manufatura enxuta na indústria têxtil*. 2006. 297 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/88970/236945.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

ALVES FILHO, A. G. et al. *Gestão da produção e operações: abordagem integrada*. São Paulo: Atlas, 2019.

CARDOZA, E.; CARPINETTI, L. C. R. Indicadores de desempenho para o sistema de produção enxuto. *Revista Produção*, v. 5, n. 2, 2005. Disponível em: <<https://producaoonline.org.br/rpo/article/viewFile/338/433>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

JACOBS, F. R.; CHASE, R. B. *Administração de operações e da cadeia de suprimentos*. 13. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.

LEAN IT. *Lean IT ou TI enxuta!* [S.l.]: Unicamp, 2017. Disponível em: <<http://www.ft.unicamp.br/liag/leanit/lean-it/>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

MACHADO, M. C. *Princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos: proposta de uma metodologia para implementação*. 2006. 247 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-19092006-105948/en.php>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

MUNIZ, J. *Organização Industrial*: aula 03: pensamento enxuto: particularidades brasileiras. São IPaulo: UNIVESP, 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=4SWGkY13E3c>>. Acesso em: 24 jan. 2018. 1 vídeo (31 min.), son., color.

NORTEGUBISIAN. *Implantação do programa de melhoria 5S*. Campinas: Nortegubisian, 2016. Disponível em: <<http://nortegubisian.com.br/consultoria/gestao-de-operacoes-e-servicos/implantacao-do-programa-de-melhoria-5s/>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

OHNO, T. *O sistema Toyota de produção*: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PDCA HOME. *Poka yoke: a method to create a safe design*. [S.l.]: PDCA Home, 2013. Disponível em: <<https://pdcahome.com/english/124/poka-yoke-a-method-to-create-a-safe-design/>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

PLANET LEAN. *Five lean practitioners answer the same question #7*. [S.l.]: Planet Lean, c2018. Disponível em: <<http://planet-lean.com/five-lean-practitioners-answer-the-same-question-7>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

RIBEIRO, J. L. D.; TEN CATEN, C. S. Controle estatístico do processo: cartas de controle para variáveis, cartas de controle para atributos, função de perda quadrática, análise de sistemas de medição. Porto Alegre: Fundação Empresa Escola de Engenharia da UFRGS, 2012.

SHINGO, S. *O sistema Toyota de produção*: do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *Lean thinking*: banish waste and create wealth in your corporation. New York: Free Press, 2003.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. *A máquina que mudou o mundo*. Campus: Rio de Janeiro, 1996.

### **Leituras recomendadas**

FELTRIN, J. A.; HORITA, R. Y. O sistema Toyota de produção e o balanced scorecard. In: SIMPÓSIO DE EDUCAÇÃO UNISALESIANO, 5., 2015, Lins. *Anais...* Lins: Unisalessiano, 2015. Disponível em: <<http://www.unisalessiano.edu.br/simposio2015/publicado/artigo0185.pdf>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

FERREIRA, F. P. *Análise da implantação de um sistema de manufatura enxuta em uma empresa de autopeças*. 2004. 178 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Universidade de Taubaté, Taubaté, 2004. Disponível em: <[http://www.ppga.com.br/mestrado/2004/ferreira-fernando\\_pereira.pdf](http://www.ppga.com.br/mestrado/2004/ferreira-fernando_pereira.pdf)>. Acesso em: 24 jan. 2018.

RAMOS, E. M. L. S. ; ALMEIDA, S. S.; ARAÚJO, A. R. *Controle estatístico da qualidade*. Porto Alegre: Bookman, 2013.

SHINGO, S. *Sistemas de troca rápida de ferramentas*: uma revolução nos sistemas produtivos. Porto Alegre: Bookman, 2000.

Encerra aqui o trecho do livro disponibilizado para esta Unidade de Aprendizagem. Na Biblioteca Virtual da Instituição, você encontra a obra na íntegra.

Conteúdo:



SOLUÇÕES  
EDUCACIONAIS  
INTEGRADAS