

## Estudo de Caso de Implementação de Troca Rápida de Ferramenta em uma Empresa Metal Mecânica

Ronaldo Mardegan (Hominiss) [mardegan@hominiss.com.br](mailto:mardegan@hominiss.com.br)

Pablo Lopes (Rochfer) [pep@rochfer.com.br](mailto:pep@rochfer.com.br)

Rodrigo Boareto Tressiane (Rochefer) [rodbt@yahoo.com.br](mailto:rodbt@yahoo.com.br)

Marcelo Guerra (Rochefer) [guerramar1@yahoo.com.br](mailto:guerramar1@yahoo.com.br)

Fernando Rocha (Rochefer) [frbc@netsite.com.br](mailto:frbc@netsite.com.br)

### Resumo

*Mostra o conceito de troca rápida de ferramenta e a sua importância e estuda um caso de implementação em um setor de estamparia de uma indústria metal mecânica. Foi desenvolvido um dispositivo que, além de auxiliar no processo de troca rápida de ferramentas, contribuiu na redução do tempo do processo de fabricação do produto. Após a implementação, obteve-se uma redução do tempo de setup e no tempo de processamento do lote.*

*Palavras-chave: troca rápida de ferramentas, metodologia smed, setup, sistemas de produção enxuta.*

### 1. Introdução

Atualmente, a incessante necessidade das empresas em reduzir custos e satisfazer seus clientes, as tem levado a buscar conceitos, técnicas e ferramentas que visam atingir com sucesso esses objetivos. O maior exemplo de sucesso na criação de vantagem competitiva pela adoção de uma abordagem que vise ao mesmo tempo reduzir custos e satisfazer o cliente é o Sistema Toyota de Produção (STP), o qual foi difundido no ocidente como Sistemas de Produção Enxuta (SPE) ou *Lean Production* por James Womack e Daniel Roos no livro intitulado “A Máquina que Mudou o Mundo”. Através de uma abordagem diferenciada da tradicional, a empresa de automóveis Toyota conquistou mercado e superou seus concorrentes.

Existem inúmeras técnicas que suportam a filosofia que fundamenta os SPE, e dentre elas podemos dar destaque à Troca Rápida de Ferramenta (TRF) ou SMED (*Single Minute Exchange of Die*). Desenvolvida por um engenheiro japonês chamado Shigeo Shingo, essa técnica revolucionou o modo de pensar dos sistemas de produção ao considerar que qualquer tempo de setup poderia ser reduzido a valores inferiores a 10 minutos. Essa abordagem contribuiu para a produção em lotes menores e conseqüentemente a redução dos estoques, tidos como um dos grandes vilões da falta de competitividade das empresas.

### 2. Metodologia

Para os fins dessa pesquisa, a metodologia utilizada foi o estudo de caso. Segundo YIN (1989), o estudo de caso é preferível quando se estudam eventos contemporâneos, em situações em que os comportamentos relevantes não podem ser manipulados, mas é possível que observações diretas e entrevistas sistemáticas sejam realizadas. Ainda segundo YIN (1989), o estudo de caso caracteriza-se pela “[...] capacidade de lidar com uma completa variedade de evidências – documentos, artefatos, entrevistas e observações”.

### 3. Revisão Bibliográfica

#### 3.1 Sistemas de Produção Enxuta

Nos últimos anos, os SPE têm se tornado uma das mais importantes abordagens para a redução de desperdícios nas empresas. (RENTES et. al, 2005). Os desperdícios são definidos como qualquer atividade humana que utiliza recursos, mas não cria valor sob a ótica do cliente (WOMACK & JONES, 1992).

Na ótica dos SPE, os desperdícios podem ser classificados em 7 (sete) tipos diferentes: WOMACK e JONES (1998):

- (1) Superprodução: produzir excessivamente ou cedo demais, resultando em um fluxo pobre de peças e informações, ou excesso de inventário;
- (2) Espera: longos períodos de ociosidade de pessoas, peças e informação, resultando em um fluxo pobre de materiais e em longos *lead times*;
- (3) Transporte excessivo: deslocamento excessivo de pessoas, informação ou peças resultando em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia;
- (4) Processamentos inadequados: utilização do jogo errado de ferramentas, sistemas ou procedimentos, geralmente quando uma abordagem simples pode ser mais efetiva;
- (5) Inventário desnecessário: armazenamento excessivo de produtos, resultando em custos excessivos e desnecessários;
- (6) Movimentação desnecessária: movimentos inadequados das pessoas, resultando em baixo desempenho dos aspectos ergonômicos;
- (7) Produtos defeituosos: problemas de qualidade dos produtos, que não estão atendendo às especificações exigidas pelos clientes.

A busca constante e incessante pela redução e eliminação desses desperdícios é a base dos sistemas de produção enxuta.

#### 3.2 Troca Rápida de Ferramentas

O desenvolvimento das técnicas de troca rápida de ferramenta, também conhecidas mundialmente como SMED (*Single Minute Exchange of Die*) se iniciou a partir dos anos 50 do século passado, a partir de estudos de um engenheiro japonês chamado Shigeo Shingo. Influenciado fortemente pelas teorias da administração científica de Taylor, durante 19 anos (1950 à 1969), Shigeo Shingo desenvolveu técnicas que possibilitaram reduzir qualquer tempo de setup em tempos inferiores a 10 minutos (SHINGO, 2000).

#### 3.3 Estágios Conceituais da Troca Rápida de Ferramenta

Os tempos de setup são definidos como o tempo decorrente entre a produção da última peça boa do lote anterior e a primeira peça boa do lote seguinte. Tradicionalmente, esses tempos são longos, os quais estimulam a produção em lotes maiores e conseqüentemente à superprodução e à um aumento dos desperdícios. Shingo (2000), propôs uma metodologia para o processo de redução dos tempos de setup. Ela está fundamentada em três estágios. São eles:

**Estágio 1:** Separação entre setup interno e externo.

Define-se setup externo como operações que podem ser executadas enquanto a máquina está em funcionamento. Já o setup interno refere-se às operações que precisam ser executadas enquanto a máquina está parada. A idéia central da troca rápida de ferramentas é transformar

todo ou grande parte do setup interno em setup externo.

Esse estágio é extremamente importante na implementação da troca rápida de ferramenta, e grandes ganhos poderão ser obtidos a partir da separação entre setup interno e setup externo. Geralmente, nesta primeira etapa, os tempos de setup podem ser reduzidos de 30 à 50% do tempo total de setup (SHINGO, 2000).

Exemplos de algumas atividades que ocorrem como setup interno mas que poderiam ser realizadas facilmente como setup externo são:

- transporte de produtos acabados pelo operador para o próximo processo durante o setup interno;
- disponibilização de matrizes e ferramentas somente após o início do setup interno;
- caminhadas do operador para pegar ferramentas;
- ferramentas ou peças defeituosas descobertas somente durante o setup interno e;
- dificuldades em se encontrar ferramentas.

Algumas técnicas recomendadas para que tarefas executadas no setup interno passem a ser realizadas durante o setup externo são:

- Utilização de checklists: fazer uma lista de verificação dos componentes e passos necessários para realizar a operação de setup;
- Condições de funcionamento: verificar se todos os elementos e ferramentais necessários para realizar o setup estão onde deveriam estar e em perfeitas condições de funcionamento;
- Melhoria de Transporte de matrizes e componentes: utilizar um abastecedor para que o operador não precise se deslocar do seu posto de trabalho para pegar alguma ferramenta que se fizer necessário. Além disso, deixar as ferramentas, sempre que possível, próximas do posto de trabalho.

### **Estágio 2:** Converter setup interno em externo

De acordo com Fogliatto & Fagundes (2003), técnicas de análise e solução de problemas e de filmagem da operação de setup podem ser aplicadas nessa etapa. Projeto estatístico de experimentos, com o objetivo de determinar o ajuste ótimo dos equipamentos e eliminar o tempo perdido no setup em operações de tentativa e erro é outra técnica a ser utilizada.

Shingo (2000) e Slack (2002) apontam outros métodos que auxiliam na conversão dos setups interno em setups externos:

- Utilizar ferramentas pré-montadas: possibilita que uma unidade completa seja fixada na máquina;
- Preparar antecipadamente as condições operacionais: condições como temperatura e pressão freqüentemente podem ser preparadas externamente, enquanto a máquina está trabalhando;
- Padronizar as funções: manter peças e ferramentas iguais ou padronizadas, para que possam ser utilizadas de uma operação para outra;
- Utilizar guias intermediárias: para que a fixação e o ajuste de ferramentas se torne mais rápido e mais preciso.

Os ganhos obtidos nessa etapa estão por volta de 10 à 30% do setup interno resultante da etapa anterior (SHINGO, 2000).

### **Estágio 3:** Racionalizar todos os aspectos das operações de setup

É nesse estágio em que deve haver esforços concentrados na racionalização de cada elemento da operação de setup interno para se atingir a meta de tempos de setup inferiores à 10 minutos.

De acordo com Shingo (2000), algumas técnicas utilizadas nesse estágio são:

- Implementar operações em paralelo: quando uma única pessoa realiza operações na parte frontal e na parte posterior de uma máquina, movimentos são desperdiçados continuamente enquanto se caminha ao redor dessa máquina;
- Utilizar fixadores funcionais: são dispositivos que servem para prender objetos com um mínimo esforço. A utilização de parafusos deve ser eliminada no processo de troca rápida de ferramentas, pois na operação de apertá-los desperdiça-se grande quantidade de movimentos.
- Eliminar ajustes: Os ajustes e as corridas de teste normalmente somam 50% do tempo de setup. Eliminá-los, portanto, sempre levará a um enorme ganho de tempo. Note que a eliminação dos ajustes significa exatamente isto – *eliminação* – não apenas redução no tempo gasto com eles.
- Mecanizar: o uso da tecnologia para a redução dos tempos de setup sempre será bem vindo quando a relação custo benefício estiver a favor da sua aplicabilidade.

#### 4. Impacto da Troca Rápida de Ferramentas na Competitividade da Empresa

A Figura 1 foi desenvolvida visando mostrar, através de uma relação de causa e efeito, o impacto da TRF na qualidade, na velocidade de entrega e nas margens de lucro de uma empresa.

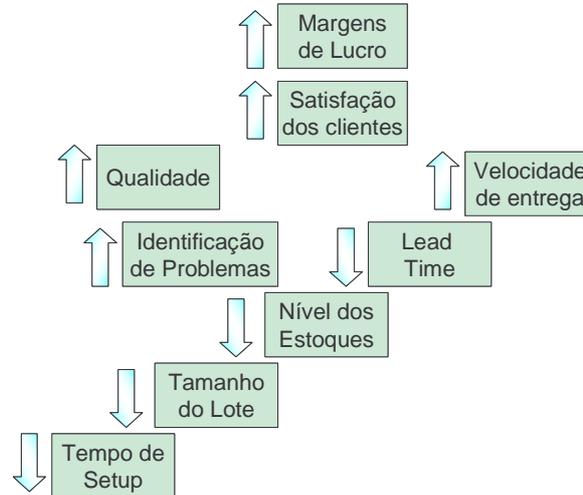


Figura 1: Impacto da TRF na competitiva de uma empresa

Sabe-se que diminuindo-se os tempos de setup para menos de 10 minutos, deixa de existir a necessidade de otimização do tamanho dos lotes, ou seja, os lotes de produção começam a corresponder exatamente à demanda diária dos clientes. Nesse sentido, reduz-se o nível dos estoques e conseqüentemente, reduz o lead time e aumenta-se a velocidade de entrega.

Outro benefício da redução do nível dos estoques é a facilidade de se identificar problemas no chão de fábrica. Nesse sentido, o nível de qualidade dos produtos também aumenta.

Paralelamente a um aumento de qualidade e a um aumento da velocidade de entrega, teremos a um aumento da satisfação dos clientes e como conseqüência, a um aumento das margens de

lucro.

## 5. Estudo de Caso

Este estudo de caso foi realizado no setor de estamparia de uma empresa metal mecânica, fabricante de bombas hidráulicas.

O produto final (prensado, soldado, montado e embalado) é um suporte para as bombas hidráulicas que consiste em duas cantoneiras com o formato em “L”, direita e esquerda.

### 4.1 Antes das Melhorias

O produto era processado da seguinte forma: a matéria prima, cantoneira em “L” (Figura 2–MP) era cortada por uma serra. As cantoneiras eram encaminhadas para a prensa onde eram realizada uma estampa na prensa 1 (Figura 2, A) e uma estampa na prensa 2 (Figura 2, B). As cantoneiras estampadas eram encaminhadas para a tesoura manual, onde eram feitos os chanfros nas extremidades das cantoneiras (Figura 2, C).

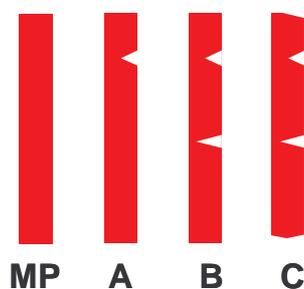


Figura 2: Processo de estampagem das cantoneiras

Para produzir um lote de peças estampadas necessitava-se:

- 02 Estampas;
- 02 Setups de 25 minutos para cada prensa;
- Tempos de processamento de cada peça: 20 segundos;
- Tempo de ciclo de cada peça: 20 segundos.

Para um lote de 400 peças, considerando-se um fluxo contínuo de produção dessas peças, ou seja, um único operador processando a peça 1 na prensa 1 e logo em seguida na prensa 2, teríamos um tempo total de processamento igual à 8000 segundos, ou seja, 133 minutos e 20 segundos (Tabela 1).

		Tempo de Processamento de cada peça nas prensas 1 e 2									
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Tamanho do Lote	peça 1	10	10								
	peça 2			10	10						
	peça 3					10	10				
	peça 4							10	10		
	...					...	...				
	peça 400									10	10
Tempo Total (seg)		10	20	30	40	50	60	70	80	7990	8000

Tabela 1: Tempo Total de Processamento antes da melhoria

#### 4.2 Processo de Melhoria

Para realizar a estampagem necessitava-se de duas matrizes diferentes. Esse processo era o gargalo da produção do suporte (processo mais lento).

Através de filmagem do processo e reunião com os responsáveis pelo setor, percebeu-se que era desnecessária a utilização de duas matrizes para fazer as estampas, ou seja, poderiam ser feitos suportes com tamanhos padronizados (um suporte sendo adaptável para mais de uma bomba hidráulica).

Foi desenvolvido um dispositivo para auxiliar a troca de matrizes (Figura 3). Esse dispositivo é formada pela ferramenta de estampagem em si (Figura 4) e pelos limitadores (Figura 5)

Nesse sentido, o dispositivo auxilia na determinação da posição dos estampos (corte da cantoneira) e elimina a utilização de uma prensa, visto que as duas ferramentas utilizadas antes das melhorias foram unidas em uma única ferramenta (Figura 4).

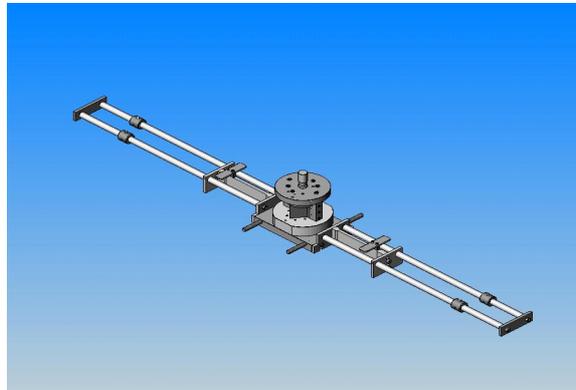


Figura 3: Dispositivo para prensas de estampagem

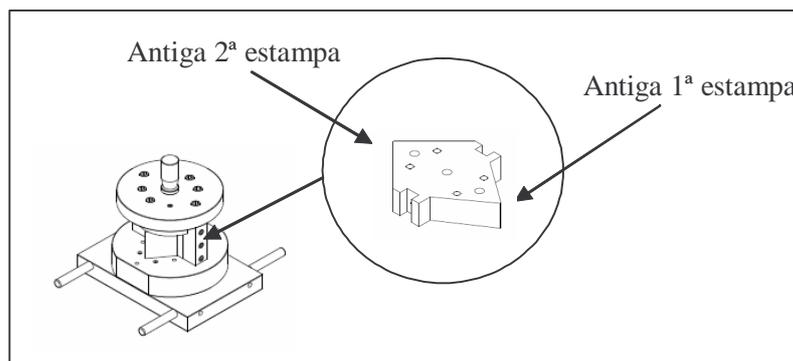


Figura 4: Ferramenta de estampagem acoplada no dispositivo

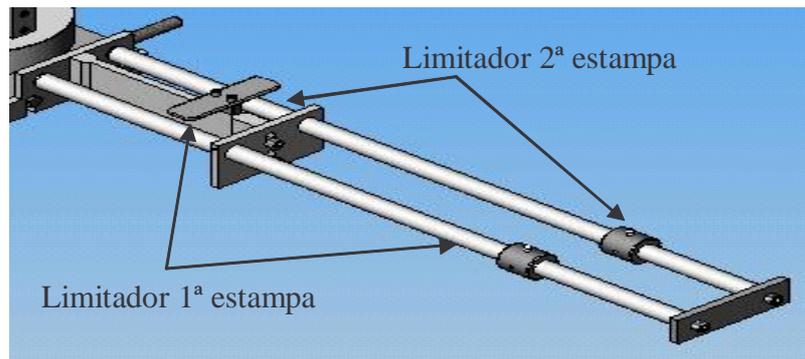


Figura 5: Limitadores do Dispositivo

### 4.3 Após as Melhorias

O novo procedimento na prensa se inicia com a colocação da 1ª cantoneira no limitador referente ao lado do primeiro processo de estampagem (Figura 6).

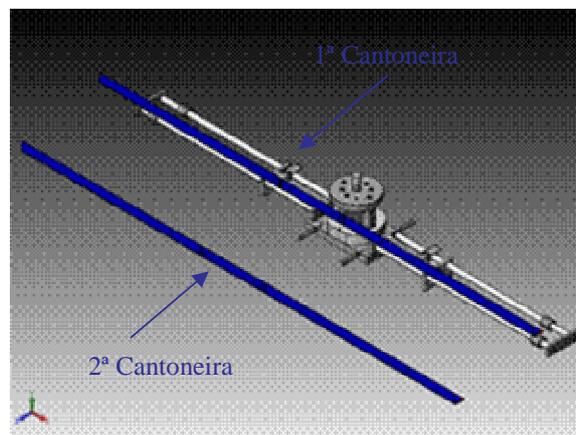


Figura 6: Processo de Estampagem – Parte I

Feito à prensagem, retira-se a 1ª cantoneira do limitador referente ao lado do primeiro processo de estampagem e a coloca no limitador referente ao lado do segundo processo de estampagem (Figura 7). Uma nova cantoneira (2ª cantoneira) é colocada no limitador referente ao lado do primeiro processo de estampagem. Nesse momento, tanto a 1ª quanto a 2ª cantoneira sofrerão o processo de estampagem simultaneamente. Retira-se a 1ª cantoneira totalmente estampada, coloca-se a 2ª cantoneira no limitador referente ao lado do segundo processo de estampagem e uma 3ª cantoneira é colocada no limitador referente ao lado do primeiro processo de estampagem e inicia-se todo o processo.

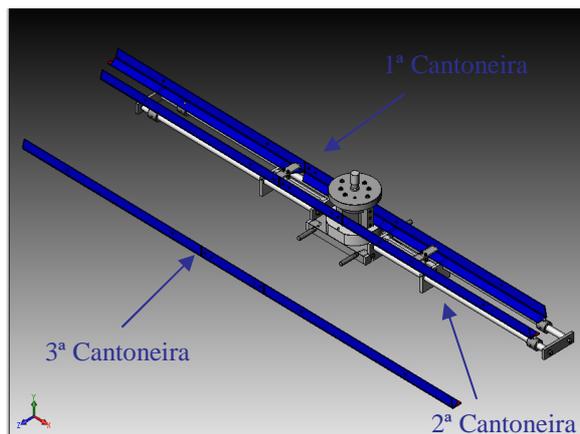


Figura 7: Processo de Estampagem – Parte II

Depois da realização da melhoria o mesmo lote gasta para ser feito entre direito e esquerdo:

- 01 Estampa.
- 01 Setup de 10 minutos.
- Tempo de processamento de cada peça: 20 segundos.
- Tempo de ciclo de cada peça: 10 segundos.

Como há um processamento simultâneo da parte B da peça 1 com a parte A da peça 2 e assim sucessivamente, o tempo total de processamento de um lote de 400 peças é 4010 segundos, ou seja, 66 minutos e 50 segundos (Tabela 2).

		Tempo de Processamento de cada peça (seg)						
		10	10					
Tamanho do Lote	peça 1	10	10					
	peça 2		10	10				
	peça 3			10	10			
	peça 4				10	10		
	...					...	...	
	peça 400						10	10
Tempo Total (seg)		10	20	30	40	50	...	4010

Tabela 2: Tempo Total de Processamento depois da melhoria

Considerando-se que dois operadores poderiam trabalhar em paralelo na operação de setup antes da melhoria, ou seja, um operador para a prensa 1 e outro operador para a prensa 2, a redução do tempo de setup seria de 25 minutos para 10 minutos, ou seja, 60%. Considerando-se que um mesmo operador faria as duas operações de setup (prensa 1 e prensa 2), a redução do tempo de setup seria de 50 minutos para 10 minutos, ou seja, 80%.

Além disso, houve uma redução do tempo de processamento de 8000 segundos para 4010 segundos, ou seja, 49,9 %.

## 5. Conclusões

Com a utilização da metodologia de troca rápida de ferramenta conseguiu-se reduzir drasticamente o tempo de setup e, apesar de não ser essa a função da TRF, também obteve-se ganhos em relação ao tempo de processamento. Além disso, eliminou-se um processo de

estampagem, visto que o dispositivo criado permitiu realizar 2 estampas ao mesmo tempo em uma única prensa.

Com a liberação de uma prensa e com a redução do tempo total de processamento do lote, lotes menores poderão ser produzidos, ou seja, em conformidade com a demanda do cliente, reduzindo-se dessa forma o desperdício da superprodução. Além disso, reduziu-se o tempo de dedicação total de um dos operadores ao setor de estamparia, o qual agora poderá ser deslocado para outras áreas da empresa também consideradas críticas.

## 6. Referências

**FOGLIATO, F.S.; FAGUNDES, P.R.M.** *Troca Rápida Ferramentas: Proposta Metodológica e Estudo de Caso*. Revista Gestão e Produção, v.10, n.2, p.163 – 181, ago. 2003.

**RENTES, A.F; NAZARENO, R.R.; MARDEGAN, R.; JUNQUEIRA, R.P.:** *Lean Production for Enterprises with High Variety of Products*. Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM 2005, Bilbao, Espanha.

**SHINGO, S.** *Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos*. Bookman, 2000.

**SLACK, N.; JOHNSTON, R.; CHAMBERS, S.:** *Administração da Produção*. Atlas, 2. ed., 2002.

**WOMACK, J. P.; JONES, D. T.** (1998) *A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riquezas*. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues e Priscilla Martins Celeste. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus. Título original: Lean Thinking, 1998.

**WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D.** *A máquina que mudou o mundo*. Tradução de Ivo Korytovski. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus. Título original: The Machine That Changed the World, 1992.

**YIN, R. K.** *Case Study Research - Design and Methods*. Sage Publications Inc., USA, 1989.