

QUICK CHANGEOVER

Aplicação prática do método SMED

Raul Lopesⁱ, Carlos Netoⁱⁱ, e João Paulo Pintoⁱⁱⁱ

Nos mercados actuais a diversificação dos produtos é cada vez maior oferecendo maiores possibilidades de escolha aos clientes. Mas um maior número de produtos disponíveis tem como consequência a redução do tamanho das encomendas por produto. Por outro lado, o ciclo de vida dos produtos também reduziu como consequência da necessidade de fazer evoluir os produtos mais rapidamente face aos movimentos de mercado e às necessidades dos clientes. Tudo isto com o constrangimento de as entregas terem que ser rápidas e totalmente satisfeitas. Neste paradigma as técnicas de mudança rápida de ferramenta (quick changeover) surgem como uma revolução industrial.

Com este artigo, os autores pretendem abordar estas técnicas através de um caso prático de aplicação numa linha de montagem.

Palavras-chave: Método SMED, setup interno e externo, linhas de montagem.

1. INTRODUÇÃO

A mudança de produtos, ferramentas ou ajustes feitos no decorrer do processo é normalmente designada por *setup* ou *changeover*. Durante o *setup*, o processo não produz valor, apenas aumenta o custo e o tempo. Deste modo, o *setup* é entendido como desperdício e como tal deve ser eliminado. Quando o custo ou tempo de *setup* de máquina é elevado, os lotes produzidos também são grandes, e o investimento, resultante em stock é elevado. Deste modo, reduzir o *setup* é reduzir custos e ganhar a possibilidade de produzir em menores quantidades.

As técnicas de mudança rápida de ferramenta, vulgarmente designadas por *quick changeover*, têm vindo a ser desenvolvidas e aplicadas na generalidade das organizações industriais para dar resposta às pressões do mercado (redução de quantidades de fabrico, de stocks, tempos e custos entre outras, etc.). Dentro destas, a mais popular é a técnica SMED (*single minute exchange of die*; mudança de moldes em menos de 10 minutos).

O SMED foi desenvolvido por Shigeo Shingo, nos anos 1960s, a partir de um desafio lançado pela Toyota para reduzir o tempo de mudança de uma ferramenta numa prensa de 1000Ton que inicialmente necessitava de quatro horas de mudança de ferramenta sendo posteriormente reduzida a 1,5 horas, no entanto, insatisfeita, a Toyota pretendia alcançar os três minutos! (Shingo, 1985). A dimensão do desafio levou Shingo a desenvolver práticas de mudança rápida de ferramentas focado na redução de tempos e na simplificação de processos.

Numa época em que imperava o conceito de lote económico, não era difícil apresentar argumentos

para a redução da quantidade e tempos de *setup*, ver figura 1.

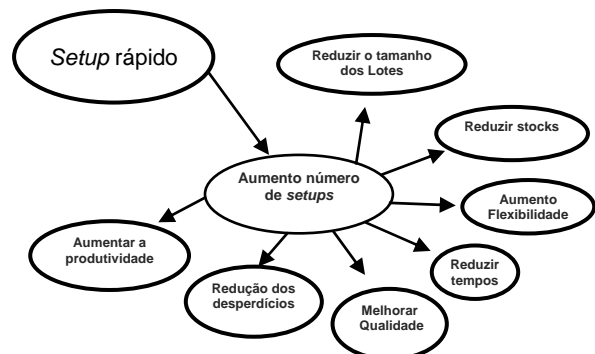


Figura 1. Motivações para a redução do tempo de *setup*.

A possibilidade de fazer *setups* rápidos, para além do ganho económico resultante do aumento do tempo útil de produção e redução de custos de mão-de-obra resultantes das longas mudanças, permite algo que é extremamente importante: aumentar a frequência dos *setups*. Este factor permite reduzir o tamanho dos lotes. Por exemplo, uma mudança de ferramentas de quatro horas obriga a manter o equipamento a trabalhar durante vários dias para tornar a operação rentável. Mas com três minutos de *setup* bastam escassas horas. Para uma hora de trabalho três minutos de mudança ferramenta representam 5% do tempo em *setup*. Se quiser ter a mesma relação de 5% com um *setup* de quatro horas é necessário trabalhar 80 horas. Independentemente de toda a produção ser necessária ou não. Uma consequência imediata da redução do tamanho dos lotes é a redução dos stocks e do respectivo stock

intermédio (WIP ou *work in process*). Além disso, o sistema de operações consegue responder muito mais rapidamente à procura e nas quantidades pedidas pelo mercado, diminuindo o tempo (*lead time*) e reforça a flexibilidade do sistema.

As melhorias de qualidade e a redução das perdas resultam na redução ou inexistência de stocks e desde logo menor risco de obsolescência dos produtos resultantes de mudanças de mercado, de deterioração dos produtos, ou da propagação de erros de fabrico sobre produção de grandes séries. A necessidade de reduzir o tempo de produção implica que se produza bem desde a primeira peça, e daí a necessidade de eliminar os ajustes e afinações que resultam no início de série, nas metodologias tradicionais, em *scrap* até que o equipamento esteja afinado.

A produtividade aumenta como consequência de todos os factores anteriores e pela maior disponibilidade do equipamento. É possível identificar vários exemplos em que a melhoria da disponibilidade da máquina evitou a aquisição de novos equipamentos evitando investimentos de dezenas de milhar de euros.

2. O MÉTODO SMED

O método SMED recorre a seis tarefas elementares para a redução do tempo de *setup*:

1. Identificar e separar as actividades de *setup* internas¹ e externas envolvidas no processo de mudança e ajuste de ferramenta, ver a figura 2;
2. Converter as actividades de *setup* internas em externas sempre que possível, de modo a minimizar o tempo de mudança;
3. Eliminar a necessidade de ajustes através da uniformização de processos, ferramentas e procedimentos;
4. Melhorar as operações manuais através da formação e treino. Procurando envolver as pessoas, tirando partido das suas ideias e sugestões (*ie*, incentivando e premiando a criatividade e a participação) é possível alcançar ganhos significativos sem avultados investimentos;
5. Melhorar (através de alterações ou reconfiguração) o equipamento;
6. Criar um gráfico de melhorias para acompanhar os resultados e felicitar a equipa de trabalho.

¹ Actividades externas referem-se às actividades que podem ser realizadas enquanto a máquina está em funcionamento. As actividades internas referem-se às actividades que só podem ser realizadas quando a máquina está parada.

O objectivo principal é reduzir o tempo de *setup* para um tempo inferior a 10 minutos (*single digit*).



Figura 2. Componentes do tempo de *setup*.

A figura 3 que se segue apresenta as três principais etapas do método SMED. A explicação de cada uma destas etapas é feita a seguir.

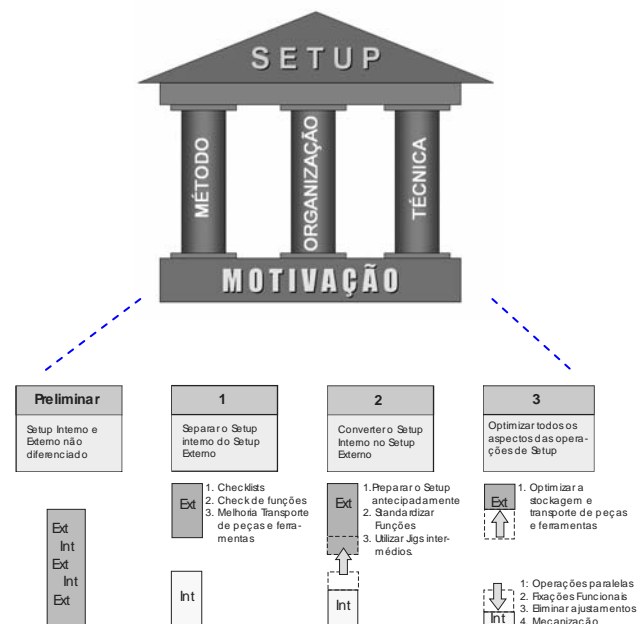


Figura 3. Principais etapas do método SMED.

E1: Separar *setup* interno do externo – Existem actividades facilmente identificáveis que podem ser executadas antes da máquina parar ou depois da máquina iniciar o ciclo de fabrico. Através da aplicação de uma *check list*, a qual deve conter a listagem de todos os elementos necessários para efectuar o *setup*, onde deve constar:

1. Ferramentas, especificações e operadores necessários;
2. Parâmetros de operação do equipamento. Exemplos: temperatura, pressão, e velocidade de alimentação;
3. Dimensões e cotas necessárias para fazer a instalação das ferramentas ou moldes.

As *check lists* vão servir de base para garantir que todos os elementos necessários estão reunidos, que todas as operações de *setup* externo são executadas.

- Verificação de funções – Corresponde à verificação dos moldes ou peças que vão ser utilizados durante o *setup* relativamente às funções que executam, de forma a despistar eventuais defeitos ou problemas;
- Melhorar o transporte de peças ou ferramentas – Moldes, calibres, ferramentas, instrumentos de medida devem ser, previamente, colocados junto da máquina durante as operações de *setup* externo e não quando o equipamento está parado. Estes elementos e procedimentos devem obviamente constar sempre da *check list*.

Alguns exemplos:

a) *Setup* externo:

1. Transportes dos itens necessários para o *setup* para junto da máquina antes de terminado o lote anterior, moldes, ferramentas, matérias-primas, calibres, etc;
2. Limpeza, desengorduramento, afinamento, reparação de ferramentas e moldes;
3. Verificação/reparação do estado das ferramentas e moldes;
4. Verificação da máquina relativamente às funções necessárias para o novo molde ou ferramenta;
5. Arrumação de moldes e ferramentas do lote anterior depois de se iniciar com sucesso a produção do lote actual.

b) *Setup* interno:

1. Fixação dos moldes/ferramentas à máquina;
2. Programação dos parâmetros de operação da máquina;

E2: Converter o *setup* interno em externo – Isto pode ser alcançado do seguinte modo:

- Preparar as condições e operação antecipadamente, procurando que o máximo de condições de funcionamento do molde/ferramenta estejam preparadas antecipadamente (ex. verificando condições de temperatura, pressão, posicionamento de peças, ou fazendo o pré-aquecimento de moldes);
- Uniformizar as operações de *setup* através de estudos de engenharia, da formação e treino dos executantes. Por exemplo, utilizar o mesmo sistema de fixação para todos os moldes e ferramentas.

- Uso de *jigs* e fixadores intermédios – Os *jigs* são elementos que permitem adaptar os moldes ou ferramentas às máquinas. É possível montar o molde num *jig* igual antes da paragem da máquina. Quando a máquina pára para fazer a substituição de um conjunto por outro o processo é muito mais rápido e simples.

E3: Optimizar todos os aspectos das operações de *setup* – nesta etapa, procura-se desenvolver as seguintes actividades:

- Optimizar a armazenagem e o transporte de peças e ferramentas reduzindo o *setup* externo. Organizar o transporte das ferramentas e moldes para a máquina e no sentido inverso até ao ponto de armazenagem. Fazer o stock das ferramentas e moldes de forma organizada para que seja fácil identificar o posicionamento, fácil de recolher e colocar de novo nas estantes ou locais de arrumação.
- Reduzir o *setup* interno:
 1. Efectuar o máximo de operações em paralelo usando, por exemplo, dois operadores. Ter instruções de trabalho para coordenar o trabalho dos operadores que executam as tarefas em paralelo;
 2. Fixações funcionais para facilitar o aperto das ferramentas e moldes, evitar ao máximo os parafusos e em alternativa usar enroscamentos de uma volta;
 3. Eliminar os ajustamentos resultantes da incorporação de batentes, copiadores, diferenças de alturas entre ferramentas e moldes, centragem, etc. Usando escalas numeradas sobre as máquinas, batentes amovíveis, centradores e calços espaçadores, etc.
 4. Optar pela mecanização e/ou automatização de algumas operações. Esta opção deve ser considerada quando todas as técnicas anteriores já foram usadas e os resultados não são satisfatórios. Isto representa alguns investimentos elevados, no entanto os ganhos são na ordem dos minutos depois de aplicadas todas a técnicas anteriores.

A aplicação sistemática destas três fases, sempre apoiada em processos de simplificação e de uniformização de procedimentos de trabalho, resulta na redução significativa dos tempos de *setup*. A figura 4 que se segue é uma demonstração disto mesmo.

- Criação de uma folha de verificação rápida (*check list*) para a preparação da mudança e de um documento com instruções por posto de trabalho, tal como as indicadas a seguir.

IBIMASTER 200							
Preparação de mudança							
SETUP EXTERNO	1º turno 2º turno						
- Certificar que o chefe de equipa da máquina anterior deixa peças suficientes para acabar a encomenda antes da mudança.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>						
- Certificar que o chefe de equipa limpa as mesas antes de preparar a mudança.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>						
- Imprimir o procedimento actualizado da máquina e colocar por mesa.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>						
- Imprimir o procedimento actualizado do corte	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>						
- Imprimir o procedimento actualizado do control da máquina	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>						
- Imprimir o procedimento actualizado da embalagem	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>						
- Usar o catalogo da máquina durante a mudança "EXTERNA" e "INTERNA"	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>						
- Informar o stock sobre a mudança	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>						
- Verificar quantidades e destinos da encomenda.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>						
SETUP INTERNO							
- Mudar o tapete para a velocidade do modelo mais lento.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>						
- Mudar o tapete da mesa 1 até à mesa final, só depois se lida com os pequenos problemas que aparecem.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>						
- Caso apareça algum problema que impeça o tapete de funcionar resolver imediatamente.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>						
MESA 1							
SETUP EXTERNO							
Molde de abrir furos Braço articulado Aparafusadora pm. ex. 125 comprida (tq:5.5) Prensa bosch 012011 + molde de cravar pinos Fazer 2 Peças							
PEÇAS							
2540048	2542029						
2530729	2531210						
9904600							
2530810							
9965600							
SETUP INTERNO							
Limpar Mesa Colocar Peças e ferramentas							

Figura 6. Check list e instruções de trabalho.

- Sincronização entre os vários postos de trabalho. Ou seja, quando o primeiro posto acaba de efectuar as suas operações, o chefe de turno abastece esse posto com as peças, ferramentas e moldes já afinadas para o novo modelo e retira tudo do modelo anterior (as peças e ferramentas são colocadas em paletes ou carrinhos para serem arrumados no local definido). O chefe de equipa explica e apoia a execução da nova operação respeitante ao novo modelo ao operador que está no primeiro posto. Enquanto o chefe de turno já se desloca para o segundo posto de trabalho e

abastece com peças, ferramentas e moldes do novo modelo e retira tudo do antigo, o chefe de equipa já se encontra no segundo posto para executar e explicar as operações a executar pelo operador nesse posto com as pré-montagens já efectuadas na primeira estação de trabalho; o operador do primeiro posto já está a fazer as operações do novo modelo e repete-se o ciclo assim sucessivamente até ao último posto de trabalho.

Com a devida separação das operações de *setup*, o chefe de turno e o chefe de equipa preparam a mudança para o modelo que vai entrar a seguir realizando as operações externas descritas no procedimento. Efectuando todos os testes e afinações necessários com a produção de peças e ajuste de moldes e ferramentas.

Desta forma não há tempo desperdiçado pelos colaboradores que ocupam cada posto de trabalho ao longo da linha de montagem e as mudanças de modelos ocorrem com grande naturalidade.

Para além das actividades descritas, foram ainda desenvolvidas outras no sentido de facilitar as operações de *setup* e a redução de tempos. Destas destacam-se as seguintes:

- Implementação dos conceitos de controlo visual;
- Uniformização dos procedimentos de *setup*;
- Organização do local de trabalho através da aplicação das práticas 5S;
- Uniformização de ferramentas e porta-ferramentas;
- Adopção de sistemas de fixação e aperto *standard* e de rápida/fácil aplicação;
- Definição de pontos de localização ou de referência nos equipamentos;
- Definição de guias de orientação.

4. CONCLUSÃO

Este projecto teve uma duração de oito semanas, envolveu uma equipa de seis pessoas (provenientes dos departamentos de produção, engenharia e armazéns). O projecto está inserido numa estratégia de implementação da filosofia de gestão *lean thinking*, que a empresa iniciou a algum tempo, sem necessitar de recorrer ao apoio consultivo externo.

Além do tempo dispendido, este projecto não envolveu investimentos significativos podendo

afirmar-se que os custos do mesmo são negligenciáveis.

Os ganhos do projecto traduzem-se numa significativa redução de tempo. Assim, os tempos de mudança de modelo passaram de três horas para 56 min, que após algumas afinações passaram para 20 min e actualmente rondam os 6 a 7 min. No total, conseguiu-se uma redução de 97% do tempo inicial de *setup*.

Esta redução, permitiu à empresa alcançar os seguintes objectivos:

- Redução de tempos não produtivos;
- Redução de stocks intermédios, o que permite trabalhar com lotes mais pequenos (ie maior flexibilidade);
- Redução de custos operacionais;
- Melhoria da qualidade e menos erros cometidos nos *setups*;
- Simples e rápidos *setpus* requerem pessoas menos qualificadas para a sua realização;
- Uniformização de procedimentos;
- Aumento da capacidade produtiva sem aumento de custo;
- Redução da variedade nos processos.

Falta apenas referir que o sucesso deste projecto se deveu ao trabalho em equipa, onde todos foram envolvidos e se comprometeram com o projecto.

São exemplos como estes que permitem à empresas, industriais ou de serviços, ganharem forças para responder à crescente competitividade dos mercados, aumentar o desempenho dos seus sistemas e contribuir para o bem comum. De facto, as grandes conquistas só se alcançam com o contributo de todos.

REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA

CHASE RB, JACOBS FR e AQUILANO NJ, 2006. *Operations management for competitive advantage with global cases*. McGraw Hill International Edition.

KITANO, 1997. *Toyota production system – one-by-one confirmation*. Lean Manufacturing Conference, University of Kentucky.

LOPES R e NETO C, 2006. *Redução dos tempos de setup*. Primeiro Lean Event, Universidade Lusíada de VNF (06 de Maio).

OHNO T, 1988. *The Toyota production system: beyond large scale-production*. Productivity Press.

PINTO, JPO, 2006. *Gestão de Operações*. Edições Lidel.

PORTER M. 1985. *Competitive advantage*. The Free Press, New York.

PORTER M. 1998. *Competitive strategy – techniques for analysing industries and competitors*. The Free Press, New York.

Productivity Press, 2002. *Pull production for the shop floor*.

SHINGO S. 1985. *A revolution in manufacturing: the SMED system*. Productivity Press.

SHINGO S. 1991. *Study of Toyota Production System from Industrial Engineering Viewpoint*". Tokyo, Japan Management Association.

SUZUKI M. 1999. *Tools for elimination of muda*. TRW Automotive.

ⁱ Engenheiro de Processo na multinacional IBICO Portuguesa, Raul.Lopes@acco.com.

ⁱⁱ Engenheiro, Director Geral da SETRIC Portugal PPAAD Lda., carlosnunesneto@sapo.pt

ⁱⁱⁱ Professor Universitário, jpintus@gmail.com.