

Troca Rápida de Ferramentas: estudo de casos em diferentes segmentos industriais

Eduardo Guilherme Satolo

Doutorando em Engenharia de Produção – Unimep.
São Paulo – SP [Brasil]
edusatolo@hotmail.com

Felipe Araújo Calarge

Programa de Mestrado em Engenharia
de Produção – Uninove.
São Paulo – SP [Brasil]
fcalarge@uninove.br

Este artigo propõe uma análise e aprofundamento do atual estado da arte no que diz respeito aos tempos de preparação de máquinas, uma vez que este é um importante aspecto de ganho de competitividade e melhoria de desempenho organizacional. Por meio da condução de um levantamento bibliográfico, relacionaram-se os principais aspectos relevantes ao tema, destacando-se variações de metodologias e métodos de implementação surgidos nas últimas décadas. Com o intuito de verificar o grau de aplicação desses conceitos, foram conduzidos seis estudos de caso em empresas dos segmentos industriais metal-mecânico, eletrodoméstico e automotivo. A coleta de dados com as empresas foi feita por meio de visitas às plantas fabris e entrevistas técnicas. O artigo encerra, avaliando várias características do atual estágio de aplicação da Troca Rápida de Ferramentas nas empresas, tais como processo de implantação, dificuldades encontradas e resultados obtidos.

Palavras-chave: Diminuição do tempo de *set up*. Melhoria de desempenho. Troca Rápida de Ferramentas.



1 Introdução

A necessidade de uma gestão adequada dos recursos produtivos nas organizações há tempos vem-se destacando como importante vantagem competitiva que tem permitido, entre outras possibilidades, rápida resposta às necessidades e demandas dos mercados, bem como melhor eficácia na gestão de recursos produtivos, permitindo, assim, melhores desempenhos operacionais.

Ultimamente, a diminuição dos tempos de preparação de equipamentos é colocada por várias empresas como um importante passo no aumento da eficiência do sistema produtivo e, conseqüentemente, no ganho de competitividade. Entre tais benefícios pode-se citar como principais: produção de diferentes tipos de produtos em uma mesma jornada de trabalho; redução dos tempos totais de fabricação, do tamanho dos lotes processados e de custos de fabricação; diminuição dos tempos de entregas de pedidos, e um atendimento mais rápido da demanda de mercado.

Nesse contexto, insere-se este artigo, que abordará a metodologia de diminuição do tempo de preparação de máquinas denominada SMED (*Single Minute Exchange of Die*), bem como variações e avanços de metodologias surgidas nas últimas décadas. Será também apresentada a condução de estudos de campo, realizados para verificar o grau de aplicação desses conceitos em empresas localizadas no interior do Estado de São Paulo.

2 Aspectos relativos à diminuição do tempo de *set up*

A metodologia de Troca Rápida de Ferramenta, originalmente denominada SMED (*Single Minute Exchange of Die*), foi desen-

volvida por Shigeo Shingo (SHINGO, 1985) e difundida amplamente a partir da década de 1970 (PALOMINO e CARISSIMI, 2007). Para a elaboração e consolidação do SMED, foram necessários 19 anos, sendo a metodologia descrita por Shingo a partir de três experiências principais: planta da Mazda de Toyo Kogyo, em Hiroshima (1950); estaleiro da Mitsubishi Heavy Industries, também em Hiroshima (1957), e planta principal da Toyota Motor Company (1969) (SUGAI, McINTOSHI e NOVASKI, 2007; PEREIRA, 2008).

Segundo Shingo (1985), o conceito de Troca Rápida de Ferramenta (tratada comumente como TRF, termo adotado neste artigo) pode ser definido como a mínima quantidade de tempo necessário para mudar de um tipo de atividade a outro, considerando a última peça em conformidade, fabricada em um lote anterior, até a primeira peça em conformidade, produzida no lote seguinte.

Um dos objetivos principais da TRF é a redução e simplificação do tempo de preparação, ou *set up*, por meio da minimização ou eliminação das perdas relacionadas ao processo de troca de ferramentas (FAGUNDES & FOGLIATTO, 2003). Embora o termo *set up* seja utilizado na maioria dos textos técnicos nacionais e internacionais que abordam o assunto, verifica-se certa dificuldade em seu entendimento e aplicação no ambiente fabril.

Por tempo *set up* ou tempo de preparação entende-se “o tempo transcorrido para que todas as tarefas necessárias desde o momento em que se tenha completado a última peça do lote anterior até o momento em que, dentro do coeficiente normal de produtividade, se tenha feita a primeira peça do lote posterior” (MOURA, 1996, p.12).

A Ilustração 1 representa o conceito de tempo *set up*.

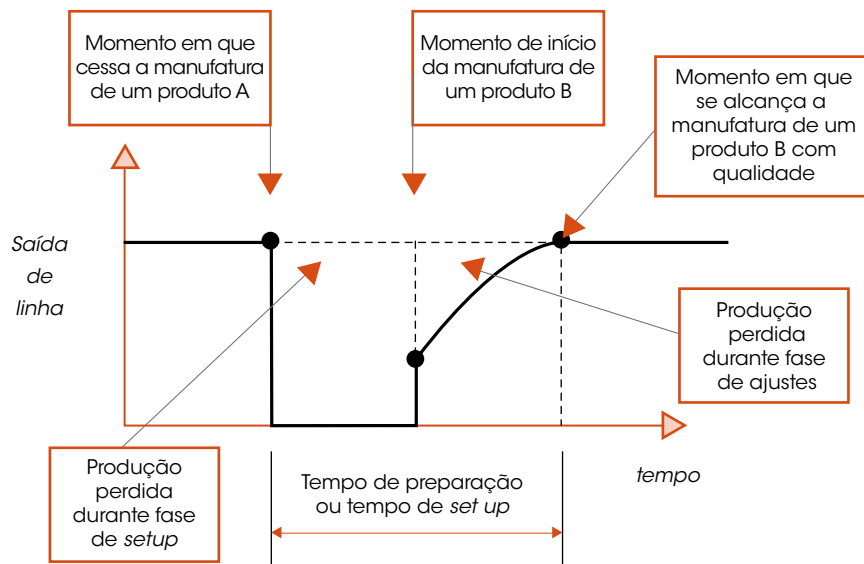


Ilustração 1: Conceito de tempo set up

Fonte: Adaptado de Bacchi, Sugai e Novaski (2005)

A execução da TRF ocorre por meio de estágios evolutivos e técnicas de implementação, e, ao se utilizar esse método no ambiente fabril, deve-se classificar o tempo transcorrido no *set up* em (PINTO e SOUTO, 2007):

- Tempo de Preparação Externo (TPE): tempo despendido em procedimentos conduzidos (estando a máquina em operação), tais como preparação de ferramentas e separação de dispositivos.
- Tempo de Preparação Interno (TPI): tempo despendido em procedimentos executados (somente estando a máquina parada), tais como a troca da matriz ou molde no equipamento e ajustes do ferramental no equipamento.

Os estágios que compõem a TRF têm como ênfase a abordagem e distinção das atividades relacionadas a TPE e TPI, sendo principais os seguintes (FAGUNDES & FOGLIATTO, 2003):

Estágio 0: Não distinção entre TPE e TPI.

Nesse primeiro estágio, ocorre uma avaliação do estado original, tendo como técnica mais difundida a filmagem de todo o processo de *set*

up, a qual se inicia no momento em que for concluída a fabricação da última peça do lote anterior, sem que nenhuma providência em especial tenha sido tomada, e finaliza-se quando a primeira peça do lote posterior, em conformidade, for obtida (SHINGO, 1985; MOURA, 1996; McINTOSH, 2000; CALARGE & CALADO, 2003; PINTO e SOUTO, 2007);

Estágio 1: Separação de TPI e TPE.

Esse estágio é considerado, por diversos autores, um dos mais importantes na implementação da TRF, pois, por meio da averiguação da filmagem conduzida, determinam-se e classificam-se todas as operações envolvidas no processo de *set up* em TPI e TPE (MONDEN, 1984; SHINGO, 1985; SHINGO, 1989; OISHI, 1995; MOURA, 1996; BLACK, 1998; McINTOSHI et al., 2000; FAGUNDES & FOGLIATTO, 2003; CALADO & CALARGE, 2003, PINTO e SOUTO, 2007).

Estágio 2: Conversão de TPI em TPE.

Envolvem-se nesse estágio duas atividades importantes: reexaminar as operações, avaliando se alguma foi erroneamente classificada como TPI, e a análise da possibilidade de converter o



atual TPI em TPE. Tal conversão, num primeiro momento, não diminuiu o tempo de execução da operação, pois, nessa situação, é prioritário diminuir o tempo total de *set up* verificado (SHINGO, 1985; MOURA, 1996, PINTO e SOUTO, 2007).

Estágio 3: Racionalização ampliada no processo de *set up*

Nesse estágio, é necessária uma análise detalhada de cada elemento da operação, verificando sua possível redução ou eliminação. Técnicas como a padronização das funções, emprego ou eliminação de dispositivos intermediários, adoção de operações em paralelo e da mecanização são indicadas para implementação nesse estágio (SHINGO, 1985; MOURA, 1996; BLACK, 1998; PINTO e SOUTO, 2007).

A seguir, visando a um melhor entendimento das etapas que compõem a metodologia de TRF, é apresentado, na Ilustração 2, um quadro esquemático de cada estágio.

3 Benefícios e dificuldades associados ao conceito de TRF

A implantação de qualquer tipo de ferramenta de gestão apresenta tanto aspectos dificultadores quanto benéficos. Os benefícios são os principais atrativos que despertam o interesse das empresas pela implantação de um sistema ou programa (KLEFSJÖ et al., 2001). Entretanto, para avaliar concretamente cada benefício obtido com a implantação, são necessários levantamentos de dados por meio de pesquisas junto às empresas que aplicam o programa ou pela utilização de mecanismos que permitam às organizações evidenciar suas conquistas (HOERL, 1998).

A Tabela 1 apresenta, de maneira resumida, os principais aspectos citados na literatura como benefícios advindos da aplicação da metodologia de TRF. A construção da tabela leva em consideração a aplicação da TRF em ambientes fabris, cujos resultados foram apresentados em artigos e periódicos nacionais, sendo destacados

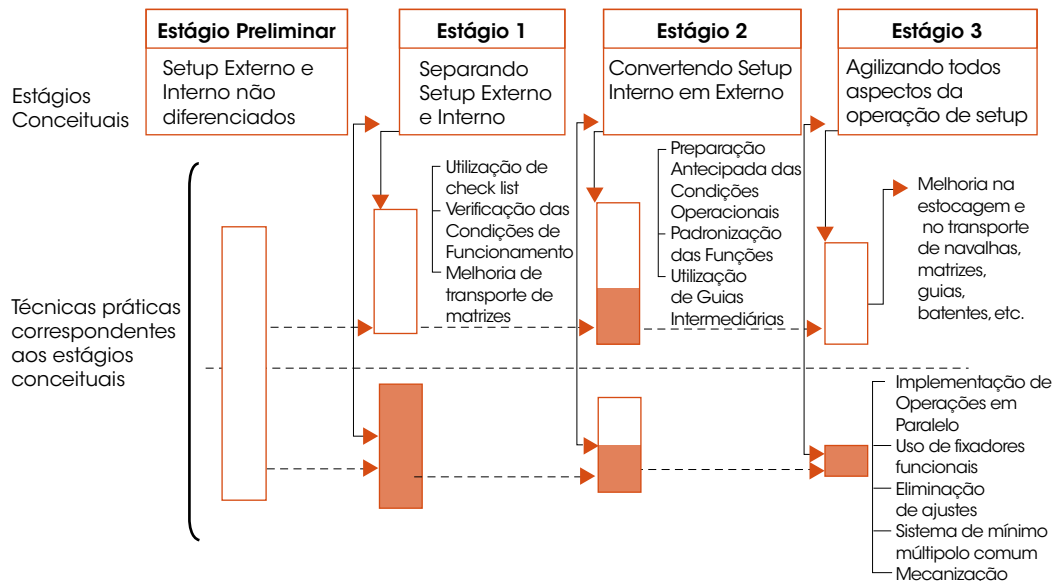


Ilustração 2: Metodologia de TRF

Fonte: Shingo, 1989

Tabela 1: Benefícios citados na literatura advindos da aplicação da TRF

Autor	Fator															
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6	Fator 7	Fator 8	Fator 9	Fator 10	Fator 11	Fator 12	Fator 13	Fator 14	Fator 15	Fator 16
Fagundes e Fogliatto (2003)	X	X	X	X								X				
Neumann e Ribeiro (2004)	X	X	X	X		X		X	X	X	X		X			
Bacchi, Sugai e Novashi (2005)	X	X		X		X		X		X		X				
Monteiro et al. (2005)	X	X	X		X							X				
Pinto e Souto (2007)	X	X	X			X	X		X							
Pontes et al. (2007)			X	X	X											
Palomino e Carissimi (2007)			X	X											X	
Maia, Idrogo, Leite (2008)		X		X	X		X			X						
Oliveira (2008)	X	X		X	X											
Elias, Neto e Dyna (2008)	X	X	X								X					
Elias et al. (2008)	X								X					X		
Cechect et al. (2008)	X	X	X			X	X	X								X
Frequência (%)	75	75	66	66	33	33	25	25	25	25	16	16	16	8	8	8

Legenda:

Fator 1: Rápida resposta às variações de mercado (maior flexibilidade)

Fator 2: Possibilidade de produção em pequenos lotes

Fator 3: Redução de custos

Fator 4: Diminuição do lead time

Fator 5: Aumento de produtividade

Fator 6: Redução de níveis de estoque

Fator 7: Eliminação de gargalos

Fator 8: Melhoria de qualidade

Fator 9: Redução tempo de espera de produtos para processamento

Fator 10: Possibilidade de aumento do mix de fabricação

Fator 11: Redução de esforços do operador

Fator 12: Redução dos defeitos e retrabalhos provenientes de preparação malfeita

Fator 13: Aumento da taxa de giro de estoque

Fator 14: Mudança na cultura organizacional

Fator 15: Melhor utilização de área fabril

Fator 16: Redução de lotes em processo

Fonte: Os autores.

dos artigos as vantagens obtidas pela aplicação da TRF. Desses artigos, por meio da pesquisa bibliográfica, foram arrolados os 16 principais benefícios, sendo, dessa maneira, relacionados os fatores identificados como mais e menos citados.

Na Tabela 1, observa-se que os benefícios mais citados foram os seguintes: rápida resposta às variações de mercado (maior flexibilidade), possibilidade de produção em pequenos lotes, redução de custos e diminuição do *lead time*. Outros fatores também foram mencionados na

literatura como vantajosos/benéficos à TRF, ainda que apresentem baixo índice de frequência: redução dos defeitos e retrabalhos provenientes de preparação malfeita, aumento da taxa de giro de estoque, mudança da cultura organizacional e melhor utilização de área fabril.

Em relação às dificuldades elencadas na literatura, Patel, Dale e Shaw (2001) apontam que a TRF pode enfrentar barreiras em sua implementação, principalmente quando a hostilidade e o sentimento de trabalho desperdiçado por parte



dos funcionários resultam, dessa maneira, em maiores restrições na mudança de cultura organizacional. Outros aspectos como a não-criação de um cronograma de trabalho e de averiguação dos últimos resultados bem como o não-incentivo por parte da alta administração também são citados pelos autores como possíveis barreiras para o sucesso da implementação da TRF.

4 Adaptações e variantes da metodologia TRF

Embora o método SMED, de Shigeo Shingo, apresente estágios adequadamente caracterizados e definidos, observam-se nele variações e adaptações que contemplam aspectos específicos da cultura organizacional das empresas (SHINGO, 1989; SILVA & DURAN, 1998; CALARGE & CALADO, 2003).

Para ilustrar essa situação, são apresentadas a seguir as variações e adaptações do método de troca de ferramentas proposto por Shingo. Neste item, para facilitar o entendimento, adota-se a sigla SMED quando o texto se refere ao método desenvolvido por Shigeo Shingo, e a sigla TRF, quando se trata da metodologia proposta por outro autor.

Monden (1984) propôs um método de TRF baseado em quatro estágios e seis técnicas de implementação, estando o principal aspecto de diferenciação em relação ao SMED na proposta de análise conjunta de conversão de TPI em TPE, com a padronização das funções voltada às operações necessárias à redução dos tempos de troca de ferramenta.

Gilmore & Smith (1996), por outro lado, apresentaram proposta na qual as técnicas podem ser aplicadas fora de uma seqüência preestabelecida, devendo ser escolhidas aquelas consideradas mais apropriadas para o problema em

questão. Embora essa proposta tivesse pontos discordantes em relação ao SMED (SHINGO, 1985), os autores assumiram a necessidade de enfatizar equipes de projeto na separação de TPE e TPI, além de defender a implantação de técnicas como a operação em paralelo e a mecanização anterior ao terceiro estágio, diferenciando, assim, do recomendado na metodologia SMED (GILMORE & SMITH, 1996; McINTOSH et al., 2000).

BLACK (1998) também apresentou uma proposta de implantação da TRF, composta por sete estágios, ou seja, quatro a mais do que o sugerido no método SMED. Estabelecendo um sumário dessas etapas, verifica-se que o estágio 1 consiste em determinar o método existente, por meio do estudo de tempos e movimentos relativos à operação de *set up*; os estágios 2, 3 e 4 discriminam o segundo e terceiro estágios do SMED. Por último, os estágios 5, 6 e 7 fazem um detalhamento eficaz do quarto estágio do SMED. O autor sugere ainda a utilização dos períodos ociosos para a realização de treinamento dos times de trabalho, justificando que isso contribuiria para a redução futura dos TPIs.

MOXHAM & GREATBANKS (2001) desenvolveram estudos na indústria têxtil em que observaram que as técnicas de TRF podem ser ineficazes quando existem barreiras culturais, administrativas e de rotinas do trabalho. A superação dessas barreiras se daria por meio do que os autores denominaram como “pré-requisitos do SMED” ou “SMED-ZERO”, devendo ser encarado como um novo estágio na implementação da TRF e abrangendo os seguintes aspectos principais: afinidade do time de trabalho, análise e medição de desempenho, controle visual da fábrica e envolvimento dos trabalhadores.

Adotando esse mesmo enfoque, FAGUNDES & FOGLIATTO (2003) propuseram um método dividido em quatro estágios: (i)

Tabela 2: Principais diferenças entre as variações de metodologia da TRF

Proposta de Metodologia	Ano da Proposta	Número de Estágios	Número de Técnicas	Principais diferenças em relação à metodologia SMED
Mondem	1984	4	6	Diferencia-se pela proposta de análise conjunta da conversão do TPE e TPI e da padronização de funções.
Gilmore & Smith	1996	----	7	Defende a concepção de que as técnicas podem ser aplicadas fora de uma seqüência lógica.
Black	1998	4	6	Defende a utilização de tempos ociosos para o treinamento dos funcionários.
Moxam & Greatbanks	2001	5	----	Defende a utilização de um estágio preparatório à implantação do SMED.
Fagundes & Fogliatto	2003	4	15	Clara distinção entre as etapas de planejamento, preparação e implantação, com o objetivo de criar um ambiente fabril favorável à implantação e formação de times de trabalho.

Fonte: Os autores

estágio estratégico: criação de um ambiente favorável à implantação; (ii) estágio preparatório: definição das estratégias de implantação, por meio da análise e avaliação do processo atual; (iii) estágio operacional: consiste na aplicação das sistemáticas propostas para TRF, sendo estas as mesmas do SMED, e (iv) estágio de comprovação: em que ocorre a consolidação de estágios e técnicas, devendo estar o ambiente fabril preparado para novas ações e projetos voltados à redução do *set up*. Verifica-se, dessa forma, uma distinção entre etapas de planejamento, preparação e implantação, enfatizando a necessidade da formação de times de trabalho e criação de um ambiente favorável à implantação da TRF.

A tabela 2 sumariza as principais diferenças entre tais metodologias.

Nesse contexto evolutivo, é possível encontrar, no mercado, máquinas que realizam a troca de ferramentas em um tempo inferior a um minuto, por meio da utilização de sistemas automatizados, os quais permitem que as trocas de matrizes e ferramentas sejam feitas por sistemas passíveis, ou seja, sem a interferência humana. Tal técnica, denominada NOTED (*Non Touch Exchange of Dies*) ou “Troca de Ferramentas Sem Toque”, pode ser encontrada comercial-

mente em centros de usinagem que realizam a troca de ferramental em tempo inferior a cinco segundos (NOVA SÉRIE NT, 2002).

Contudo, embora diversos procedimentos para a implementação da técnica de TRF tenham sido desenvolvidos, muitos fatores ainda impedem a disseminação e assimilação desses conceitos nos ambientes fabris, destacando-se dificuldades na orientação e assimilação de mudanças, falta de capacitação e treinamento da força de trabalho e de recursos financeiros e linhas de fomento para aquisição de dispositivos e equipamentos automatizados (PATEL, DALE & SHAW, 2001; CALARGE & CALADO, 2003).

5 Método de pesquisa

A fim de verificar se os aspectos encontrados na literatura condizem com a prática nas organizações, conduziram-se estudos de caso em empresas de diferentes segmentos industriais. Segundo Miguel (2007), a condução de estudo(s) de caso(s) se dá por meio de seis etapas principais, que foram adotadas para a realização deste trabalho e estão arroladas na Ilustração 3.

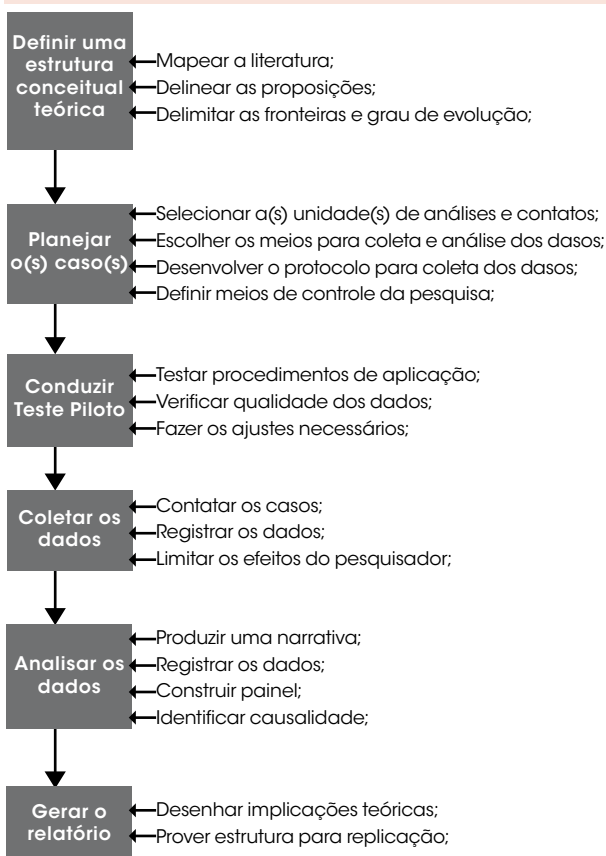


Ilustração 3: Etapas para condução do estudo de caso

Fonte: Miguel (2007)

O instrumento de pesquisa foi composto por um questionário pré-estruturado, contendo questões abertas, semi-abertas e fechadas. Procurou-se elaborá-lo de forma clara, já que esse é um aspecto importante para o sucesso na obtenção de dados e informações (TAGLIACARNE, 1989; SAMARA, 1994; YIN, 2001).

A verificação do instrumento de pesquisa se deu por meio da condução de três pré-testes, visando prevenir dificuldades e problemas que podem ocorrer na condução da pesquisa, podendo até mesmo inviabilizá-la devido a dúvidas ou ambigüidades geradas no preenchimento do questionário (YIN, 2001; LAKATOS & MARCONI, 2000).

Após a reavaliação do instrumento de pesquisa, iniciou-se a pesquisa de campo em relação às empresas. Inicialmente, realizaram-se contatos

via *e-mail*, carta de apresentação ou telefonema, visando solicitar a participação dessas organizações. No total, participaram e foram visitadas seis empresas da região de Piracicaba e Campinas, nas quais foram aplicados os questionários.

6 Caracterização das empresas pesquisadas

A região de Campinas e Piracicaba é responsável pela geração de 12% do PIB do Estado de São Paulo, caracterizando-se como um dos principais pólos industriais do país (SEADE, 2006). Nesse contexto, inserem-se as empresas pesquisadas que estão entre as 500 maiores empresas nacionais. A seguir, são descritos alguns aspectos principais de cada uma delas (REVISTA EXAME, 2008a; 2008b):

- Empresa A – fornecedora no ramo de autopeças, tendo como principais produtos transmissões e embreagens. Emprega, na unidade pesquisada, aproximadamente 4000 funcionários. Nessa empresa, a pesquisa restringiu-se ao Setor de Forjamento. Está entre as 200 maiores empresas do País, com volume de vendas de US\$ 1,368 milhões, além de se situar entre as 150 melhores para se trabalhar no país.
- Empresa B – atua no ramo de eletrodomésticos da linha branca, produzindo *freezers* e refrigeradores, possuindo 700 funcionários. Em 2000, foi a maior exportadora nacional desses itens, sendo responsável por 17,6% das vendas para o mercado internacional ou 1,7 milhões de unidades. Figura entre as 350 maiores empresas do País, com volume de vendas de aproximadamente US\$ 280 milhões.
- Empresa C – fornecedora de transmissões no ramo de autopeças, fabricando anualmente 100.000 unidades de transmissões para ca-

minhões e 300.000 unidades de transmissões automotivas. Emprega, nessa unidade, 250 funcionários.

- Empresa D – emprega, nessa unidade, cerca de 300 funcionários, sendo fabricante de máquinas-ferramenta e equipamentos. É líder nacional nesse ramo de atividade, sendo a sexta maior empresa nacional em volume de vendas no setor mecânico, com faturamento de US\$ 448 milhões.
- Empresa E – emprega, na unidade pesquisada, 3.400 funcionários, sendo a empresa líder mundial no ramo de máquinas e equipamentos para construção civil, fabricando tratores de esteiras, motoniveladoras, carregadeiras de rodas, escavadeiras hidráulicas, compactadores e ferramentas. Figura, atualmente, entre as 120 maiores empresas do País, com volume de vendas de US\$ 680 milhões, além de se situar entre as 150 melhores empresas para se trabalhar no país.
- Empresa F – atua no ramo automobilístico, empregando 920 funcionários na unidade pesquisada, onde fabrica rodas, sistemas

reguladores de vidro, controles de acesso e amortecedores. É detentora de 65% dos suprimentos de rodas de aço para os veículos fabricados no Brasil e destina metade da sua produção a exportações. Situa-se, há dez anos seguidos, entre as 150 melhores empresas para se trabalhar no país, com volume de vendas de US\$ 100 milhões.

Os volumes de vendas somados das empresas participantes na pesquisa representam aproximadamente US\$ 2,7 bilhões anuais, sendo tais organizações detentoras de níveis tecnológicos diferenciados, com significativa participação comercial em seus mercados de atuação.

7 Resultados

A tabela 3 apresenta algumas das principais características verificadas nas empresas A, B, C, D, E e F.

A Tabela 2 permite observar que, embora o método para diminuição de tempos de prepa-

Tabela 3: Principais resultados obtidos na coleta de dados

Principais características verificadas	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Empresa E	Empresa F
Utiliza a metodologia para redução do tempo de <i>set up</i>	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Metodologia empregada	SMED	SMED	SMED	-	SMED	SMED
Início da implantação do SMED	2001	2001	2003	-	Não informado	2000
Forma de implantação	Por meio do sistema lean production, em vários setores, simultaneamente.	Consultoria externa, sendo escolhido o setor crítico.	Por meio do sistema lean production, iniciando-se pela célula crítica.	-	Por determinação da organização, por meio da definição de um projeto-piloto.	Iniciativa própria em meados da década de 1980, por meio de um projeto piloto.

Fonte: Os autores.



ração de máquinas tenha sido desenvolvido por Shigeo Shingo (1985) no fim da década de 1970, não houve rápida difusão entre as empresas pesquisadas – em sua maioria líderes nesse ramo de atividade –, uma vez que iniciaram sua implementação no Brasil, preponderantemente a partir do ano de 2000.

Entre as empresas pesquisadas, somente a Empresa D não emprega um método para diminuição do tempo de preparação, justificando que, em razão da diversidade de itens que fabrica diariamente (cerca de 100) e de o tempo de realização dos *set ups* ser de, no máximo, uma hora, a implementação do método e a utilização de times de trabalho se tornariam inviáveis, porque haveria necessidade de um número demasiadamente elevado de times de trabalho para realização dos *set ups*, e o custo para tal implementação seria alto.

Tal justificativa, segundo a literatura, não condiz com o que se pode obter utilizando a TRF como ferramenta para a melhoria do desempenho organizacional, a qual busca restringir, ao mínimo, os tempos que não agregam valor ao produto e/ou processo. Dessa forma, mesmo com elevado *mix* de produção, a diminuição desses tempos – relativamente baixos despendidos por *set up* – acarretaria aumento da eficiência do sistema produtivo e conseqüente ganho de competitividade, conforme estudos conduzidos em condições similares (CALARGE e CALADO, 2003).

Essa situação verificada na empresa D denota aspectos que poderiam restringir a ampla aplicação da TRF em empresas: o fato de ainda existir certo desconhecimento sobre os reais benefícios obtidos com a implantação da TRF bem como as condições em que eles poderiam ser conduzidos nas empresas.

Nota-se, portanto, que a aplicação de uma metodologia de diminuição no tempo de *set up*, apesar do aparato literário que possui, é de difícil implementação nas empresas.

Os obstáculos relacionados à TRF apresentam-se das mais diferentes formas, conforme citado pela literatura pesquisada (PATEL, DALE; SHAW, 2001), podendo-se, pela pesquisa, constatar falta de interesse dos colaboradores (empresas B e F), resistência à orientação de mudanças (empresas A e C) e problemas para identificação de possíveis potenciais de mudanças (empresa E).

Outros obstáculos à implementação da TRF, verificados na pesquisa, e não citados na literatura, foram: falta de disponibilidade dos funcionários para realização de treinamentos (empresas B e C), falta de pessoal capacitado e com exclusividade para assessorar a implementação (empresas B e C) e dificuldades para mapear, implantar e controlar as ações de implementação da TRF (empresas E e F).

Para a motivação dos times de trabalho – importante aspecto para a continuidade dos bons resultados obtidos com a implementação do método de diminuição de *set up* –, indicam-se as principais opções verificadas na pesquisa: o agradecimento da empresa a seus funcionários (empresas B e F), confraternizações (empresa F), possibilidade de os funcionários expressarem suas idéias (empresa B) e manutenção de treinamentos freqüentes (empresa A).

Pode-se verificar que, entre as empresas pesquisadas, não existe a prática de relacionar o sucesso na implementação da TRF a prêmios e participações financeiras, adotando, assim, uma abordagem que privilegia desenvolvimento e reconhecimento pessoal.

Fato importante e até então não verificado na literatura pesquisada se refere à alternância dos times de trabalhos (conforme praticado pela empresa C) para difusão e aprimoramento da TRF, mantendo-se apenas o líder dos times nas trocas, as quais ocorrem em período regular. Tal situação visa manter os times de trabalho motivados por novos desafios, ao passo que se mantém, em cada

área, um funcionário que possibilita a continuidade dos trabalhos e o registro do aprendizado obtido.

A Ilustração 4 apresenta um gráfico comparativo da implementação do método de TRF e os resultados alcançados pelas empresas B, C e F. A apresentação dos resultados advindos da implementação do método de diminuição de *set up*, por apenas algumas empresas, deu-se por dois motivos principais: a não-mensuração ou conhecimento do entrevistado do tempo de preparação (empresa A) e o julgamento pela alta direção da empresa de que tais dados são confidenciais (empresa E).

As reduções obtidas pelas empresas B, C e F representam indicativos da eficácia na utilização da TRF, pois, com a implementação do método, a empresa B obteve, em Linha de Produção 1, redução de 34,54%, e 56,36% de redução, na Linha de Produção 2; a empresa C atingiu uma redução de 36% e a empresa F conseguiu reduções em suas

Linhas de Produção 1 e 2 de 43% e 33%, respectivamente, no tempo de *set up*.

Apesar de o método da TRF ter como objetivo principal a redução dos tempos de preparação de máquinas, pode-se verificar, nesta pesquisa, outros benefícios advindos de sua implantação, que foram citados pelas empresas participantes, entre os quais os principais são: aumento de produtividade (empresas B e F); redução do tamanho dos lotes de produção (empresa F); aumento da flexibilidade do *mix* de produção (empresa B); melhoria da qualidade dos produtos (empresas E e F), e redução do *lead time* (empresa E). Entretanto, para as empresas A e C, tais benefícios não são mensurados ou analisados, uma vez que a TRF é utilizada unicamente para diminuir os tempos de preparação de máquinas.

Os dados obtidos na pesquisa denotam que algumas empresas ainda utilizam a TRF como uma ferramenta isolada e dissociada de um con-

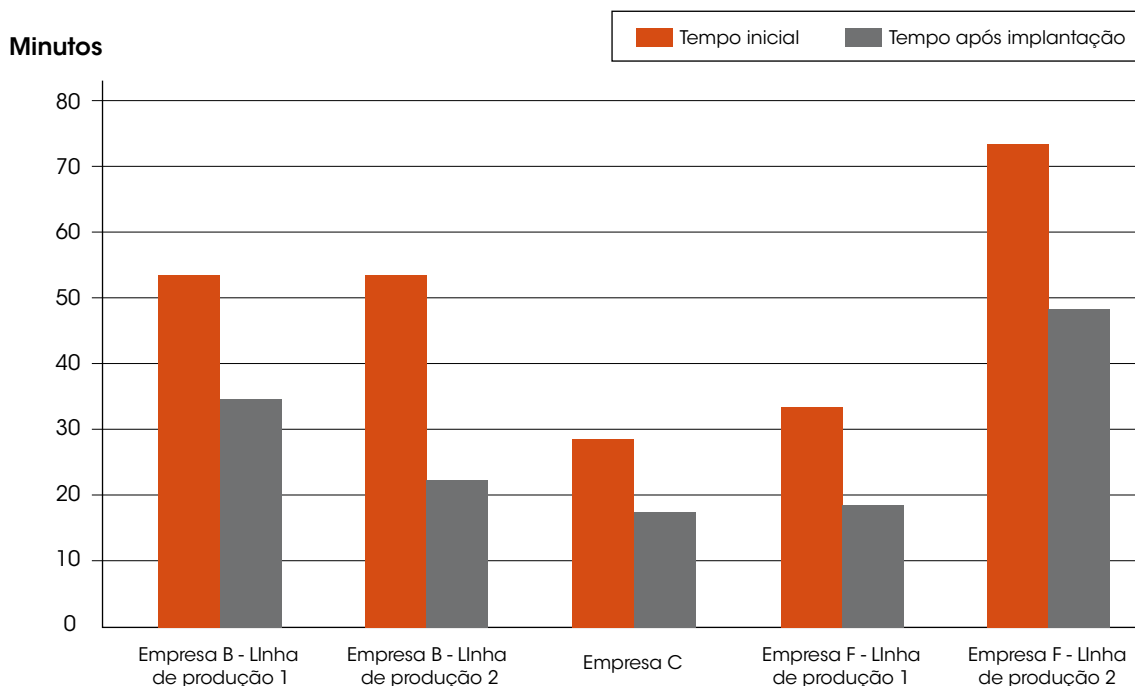


Ilustração 4: Gráfico demonstrativo dos resultados obtidos pela empresas B, C e F

Fonte: Os autores.



texto sistêmico na organização, não a considerando como pilar para implementação de outros programas de gestão da produção. Cite-se, como exemplo, a abordagem do *Lean Production* (Produção Enxuta), na qual a TRF atua como um fator relevante na obtenção do fluxo unitário de peças (*single piece flow*).

8 Conclusões

Esta pesquisa, caracterizada como estudo de caso exploratório, revelou dados que possibilitam analisar o estágio atual da aplicação da TRF em empresas de distintos segmentos industriais.

Pode-se verificar no levantamento bibliográfico bem como nos estudos de caso das empresas participantes, que, a despeito do aumento de publicações sobre o assunto e da divulgação do conceito de TRF no Brasil, a partir de 2000, a difusão desse conhecimento nas empresas pesquisadas ainda ocorre com problemas de entendimento e compreensão, tornando difícil sua prática no dia-a-dia das empresas.

Dessa forma, verifica-se que as organizações têm utilizado o método de TRF unicamente para redução no tempo de troca de ferramentas, subestimando seu potencial sistêmico, pois diversas outras melhorias seriam obtidas por meio de seu emprego, tendo como exemplo a Tabela 1, entre as quais se pode destacar: mais flexibilidade em termos de atendimento da demanda; padronização de atividades e procedimentos na preparação de máquinas e equipamentos; aumento da capacidade produtiva disponibilizada, e diminuição de custos. Dessa forma, como sugestão pelos resultados verificados nesta pesquisa, pode-se conduzir estudos sobre a implementação do método de TRF que permitam avaliar ou mensurar esses benefícios indiretos, fato que pode limitar sua aplicação e difusão nos segmentos industriais.

Agradecimentos

Ao CNPq pelo auxílio financeiro destinado a esta pesquisa.

Single Minute Exchange of Die (SMED): case studies in different industrial segments

This article purposes an analysis of the current state of art related to preparation times of the machines, having this as an important aspect of the competitiveness and improvement of organizational performance. By means of a bibliographical survey, the main aspects about the subject were related highlighting the variations of methodologies and methods of implementation appeared in the last decades. In order to check the application degree of these concepts, six case studies were analyzed in metal-mechanic companies, household appliances and automotive industrial segments, by visiting manufacturing plants and conducting interviews. The article also evaluates several characteristics from the current level of applications of Single Minute Exchange of Dies (also called Quick Changeover) in companies, such as the difficulties found in its implementation and consequent results.

Key words: Performance improvement. Set-up time reduction. Single minute exchange of dies.

Referências

- BACCI, M. D. N.; SUGAI, M.; NOVASKI, O. Proposta de modelo de tomada de decisão para aplicação da metodologia SMED. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 12, Bauru, SP, p. 1 – 12, nov. 2005.
- BLACK, J. K. *O projeto da fábrica com futuro*. Porto Alegre: Bookman, 288p, 1998.
- CALARGE, F.A.; CALADO, R.D. Troca rápida de ferramentas em linhas de tubos e chapas. *Máquinas e Metais*, São Paulo, n. 447, p. 290-315, 2003
- CECHECK, L. A.; KALNIN, J. L. COSTA, C. A.; LUCIANO, M. A. Implantação dos conceitos de TRF em uma empresa do setor de plásticos. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 15, Bauru, SP, p. 1 – 12, nov. 2008.

- ELIAS, S. J. B.; NETO, D. R. F.; DYNA, M. A. S. Aplicação da troca rápida de ferramentas na indústria alimentícia. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28, Rio de Janeiro, p. 1-12, 2008.
- ELIAS, S. J. B.; ROCHA, R. R. S.; MEMÓRIA, O. C.; DYNA, M. A. S. Aplicação da troca rápida de ferramentas em uma metalúrgica de grande porte. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28, Rio de Janeiro, p. 1-12, 2008.
- FOGLIATTO, F. S. & FAGUNDES, P.R.M. Troca Rápida de Ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso. *Gestão e Produção*, v.10, n.2, p.163-181, ago. 2003
- GILMORE, M.; SMITH, D. J. Setup reduction in pharmaceutical manufacturing: an action research study. *International Journal of Operations & Production Management*. v. 16, n. 3, p. 4-17, 1996.
- HOERL, R.W. Six sigma and the future of the quality profession. *IEEE Engineering Management Review*, p. 87-94 1998.
- KLEFSJÖ, B.; WIKLUND, N.; EDEGMAN, R.L. Six Sigma seen as a methodology for total quality management. *Measuring Business Excellence*, v. 5, n.1, p. 31-35, 2001.
- MAIA, R. A.; IDROGO, A. A. A.; LEITE, M.S.A. O uso da troca rápida de ferramentas (TRF) para otimizar as operações de setup em uma indústria do ramo calçadista. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28, Rio de Janeiro, p. 1-12, 2008.
- MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. *Metodologia Científica*. 3 ed. São Paulo: Atlas, 249p., 2000.
- McINTOSH, R.I. et al. A Critical evaluation of Shingo's SMED (Single Minute of Exchange of Die) methodology. *International Journal of Production Research*, London, UK, v. 38, n. 11, p.2377-2396, 2000.
- MIGUEL, P.A.C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. *Produção*, v. 17, n. 1, p. 216-229, Jan./Abr. 2007.
- MONDEN, Y. *Sistema Toyota de Produção*. São Paulo: IMAN, 141p., 1984.
- MONTEIRO, A.; MENEZES, J. O.; MONTEIRO, D. V. C. Troca rápida de ferramentas aplicada a uma indústria siderúrgica do Rio de Janeiro: um estudo de caso. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 12, Bauru, SP, p. 1 – 12, nov. 2005.
- MOURA, R A. *Redução do tempo de setup: troca rápida de ferramentas e ajustes de máquinas*. São Paulo: IMAN, 110p., 1996.
- MOXHAM, C.; GREATBANKS, R. Prerequisites for the implementation of the SMED methodology: a study in a textile processing environment. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 18, n. 4, p. 404-414, 2001.
- NEUMANN, C. S. R. ; RIBEIRO, J.L .D. Desenvolvimento de fornecedores: um estudo de caso utilizando a troca rápida de ferramentas. *Revista Produção* v. 14 n. 1, p. 44 – 53, 2004.
- NOVA SÉRIE NT: produtividade integrada. *Máquinas e Metais*. São Paulo, n. 437, p. 8-11, jun. 2002.
- OISHI, M. *Técnicas integradas na produção e serviços: como planejar, treinar, integrar e produzir para ser competitivo*. São Paulo: Pioneira, 294p., 1995.
- OLIVEIRA, M. B. Análise dos impactos da troca rápida de ferramentas em pequenos lotes de fabricação: um estudo de caso In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28, Rio de Janeiro, p. 1-12, 2008.
- PATEL, S.; DALE, B.G.; SHAW, P. Set-up time reduction and mistake proofing methods: an examination in precision component manufacturing. *The TQM Magazine*, v. 13, n. 3, p. 175-179, 2001.
- PALOMINO, R. C.; CARISSIMI, T. Aumento da produtividade numa fábrica de tinta em pó através da troca rápida de ferramentas: uma aplicação prática no setor de moagem. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 14, Bauru, SP, p. 1 – 12, nov. 2007.
- PEREIRA, M. A. Estudo de caso da metodologia SMED: questões operacionais para implantação em tornos CNC. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28, Rio de Janeiro, p. 1-12, 2008.
- PINTO, M. G.; SOUTO, M. S. M. L. Aplicação da troca rápida de ferramentas (TRF) no processo de extrusão de borracha. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 14, Bauru, SP, p. 1 – 12, nov. 2007.
- PONTES, H. L. J.; CARMO, B. B. T.; CHON, S. Y.; PORTO, A. J. V. Implantação da troca rápida de ferramentas para melhoria do desempenho do setor de empacotamento de uma fábrica de café. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 14, Bauru, SP, p. 1 – 12, nov. 2007.
- REVISTA EXAME. As 100 melhores empresas para se trabalhar. *Revista Exame*, São Paulo, p.44-229, 2008b.
- REVISTA EXAME. As 500 maiores empresas do Brasil. *Revista Exame*, São Paulo, p.59-79, 2008a.
- SAMARA, B.S.; BARROS, J.C. *Pesquisa de marketing: conceitos e metodologia*. São Paulo: Makron Books, 2 ed., 156p., 1994.
- SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados, 2006. <<http://www.seade.gov.br>> (24/ out./2006).



SHINGO, S. *A Revolution in Manufacturing: the SMED System*. Cambridge: Product Press, 361p., 1985.

_____. *A study of the Toyota Production System from an industrial engineering viewpoint*. Portland: Productivity Press, 257p., 1989.

SILVA, I.; DURAN, O. Reduzindo os tempos de preparação de máquinas em uma fábrica de autopeças. *Máquinas e Metais*: São Paulo, n.385, p.70-89, 1998.

SUGAI, M. McINTOSHI, R.I. NOVASKI, O. Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. *Revista Gestão e Produção*, São Carlos, v. 14, n. 2, p. 323-335, maio-ago. 2007

TAGLIACARNE, G. *Pesquisa de mercado: técnica e prática*. São Paulo: Atlas, 2 ed., 468p., 1989.

YIN, R.K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman, 2 ed., 205p., 2001.

Recebido em 20 jun. 2008 / aprovado em 16 dez. 2008

Para referenciar este texto

SATOLO, E. G.; CALARGE, F. A. Troca Rápida de Ferramentas: estudo de casos em diferentes segmentos industriais. *Exacta*, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 283-296, jul./dez. 2008.