

Redução do tempo de *setup* como estratégia de aumento da capacidade produtiva: estudo de caso em sopradora de garrafas plásticas

Reduction of setup time as a strategy for increasing production capacity: a case study of a plastic bottle blower

Teonas Bartz

Engenheiro Mecânico, Especialista em Gerência de Produção,
Mestre em Engenharia de Produção pelo Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção da Universidade
Federal de Santa Maria.
Santa Maria, RS – Brasil.
efficacy.consultoria@gmail.com

Júlio Cezar Mairesse Siluk

Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal
de Santa Maria e Doutor em Engenharia de Produção pela
Universidade Federal de Santa Catarina.
Santa Maria, RS – Brasil.
jsiluk@ufsm.br

Mateus Garcia

Técnico em Mecânica pelo Colégio Martin Luther
Estrela, RS – Brasil.
mateusgarcia.sp@hotmail.com

Resumo

A crescente demanda pelo lançamento de novos produtos para atender a todos os clientes de diferentes mercados, faz com que as empresas busquem novos conceitos no planejamento e programação da produção e nas trocas de ferramentas. A Troca Rápida de Ferramentas (TRF) reduz o tempo de *setup* de equipamentos, minimizando os períodos não produtivos. Assim, é possível reduzir o tamanho dos lotes de produção para aumentar as taxas de operação, melhorar a flexibilidade, a produtividade e a competitividade das organizações. Neste trabalho, apresentam-se as etapas necessárias para a implantação da TRF em uma máquina sopradora de garrafas plásticas, relacionando os resultados obtidos. Para tanto, realizaram-se análises das atividades, sugestões de melhoramentos na máquina e nos procedimentos, cronometragem das etapas antes e após as melhorias implantadas e análises dos tempos obtidos. Após isso, obteve-se uma expressiva redução do tempo de *setup* da máquina estudada.

Palavras-chave: Competitividade. Desempenho industrial. *Setup*. TRF.

Abstract

The increasing demand for the introduction of new products to serve all customers from different markets causes companies to seek new concepts in planning and programming production and in the changing of tools. Single-Minute Exchange of Die (SMED) reduces the setup time of equipment, minimizing non-productive periods. Thus, it is possible to reduce the size of production batches to increase operating rates and improve the flexibility, productivity and competitiveness of organizations. This paper presents the stages necessary for the implementation of SMED in a plastic bottle blower and reports the results obtained. To achieve this, we conducted an analysis of activities, suggested improvements in the machine and in procedures, timed the stages before and after introducing the improvements and analyzed the times obtained. The results showed a significant reduction in setup time for the machine in this study.

Key words: Competitiveness. Industrial performance. Setup. SMED.

1 Introdução

A gestão da produção tem passado por muitas mudanças de conceito no decorrer das últimas décadas, com a adoção de técnicas modernas de melhoria de processos produtivos. Phusavat e Kanchana (2008) apresentam, entre as prioridades para obter-se competitividade, a flexibilidade e a capacidade de atender a demanda e o prazo de entrega.

Reis e Alves (2010) identificam motivações diferentes para a implantação da TRF no sistema produtivo, como aumentar a capacidade produtiva e implementar a produção enxuta. Neste contexto, a contribuição que a Troca Rápida de Ferramentas – TRF oferece para as empresas é muito grande. A adoção da TRF faz com que os equipamentos de produção permaneçam por maior período de tempo em operação (FOGLIATTO; FAGUNDES, 2003), aumentando o volume de produção.

A TRF, para Tersine e Hummingbird (1995) citados por Leng e Parlar (2009), tem extrema importância na redução dos tempos de paradas e de *setup*, fazendo com que as empresas aumentem a capacidade de produção e obtenham vantagem competitiva, diminuindo seus prazos de entrega.

Na indústria alimentícia, qualquer ganho obtido em produtividade significa grandes volumes de produção acrescidos, pois, na maioria dos casos, as máquinas possuem elevada capacidade produtiva. A empresa estudada tem investido muito em tecnologia e modernização de equipamentos para atender cada vez melhor seus clientes, reduzindo o tempo de entrega e flexibilizando a linha de produtos. Ainda, a companhia pode melhorar sua participação no mercado, visto que a produção atual é totalmente vendida e qualquer ganho em produtividade possibilitará aumento de vendas.

O objetivo neste artigo foi relatar um experimento com a utilização da TRF como ferramenta para o aumento da capacidade produtiva em uma máquina sopradora de garrafas plásticas. Assim,

aplica-se uma técnica desenvolvida para os ambientes de manufatura enxuta a fim de maximizar a disponibilidade e capacidade produtiva de um equipamento gargalo em uma linha de produção.

2 Troca Rápida de Ferramentas – TRF

O *setup* de uma operação é o tempo gasto entre a última peça com qualidade fabricada em um lote e a primeira peça com a qualidade necessária, do lote seguinte à preparação (NEUMANN; RIBEIRO, 2004).

A TRF foi criada para reduzir os tempos de preparo e troca de ferramentas em equipamentos de produção. Os primeiros trabalhos foram realizados na Mazda Toyo Kogyo, em 1950. Em seguida, em 1957, a técnica foi aplicada nos estaleiros da Mitsubishi Heavy Industries. A terceira fase de trabalho, que originou o termo *Single-Minute Exchange of Die* (SMED), foi realizada na Toyota Motors Company com o objetivo de diminuir o *setup* para tempos inferiores a dez minutos (SUGAI; McINTOSH; NOVASKI, 2007).

É possível reduzir os tempos de *setup* em até 90% com investimentos moderados, conforme o procedimento apresentado por Shingo (2000), que dividiu a operação de *setup* em duas partes, a saber: no *setup* interno, que ocorre quando o equipamento está parado, deixando de produzir; e no *setup* externo, que são as atividades necessárias para a troca de conjuntos do equipamento e que podem ser realizadas antes de ele ser desligado ou após retomar a produção (CAKMAKCI; KARASU, 2007). A TRF auxilia nessa fase, visto que possibilita aos responsáveis observar a utilização da máquina e propor melhorias para estes equipamentos (CAKMAKCI, 2009).

O método da TRF é composto por oito etapas: separação das operações de *setup* interno e externo; conversão do *setup* interno em externo;

padronização da função, não da forma; uso de fixadores funcionais; uso de gabaritos intermediários; aprovação e realização de operações em paralelo; eliminação dos ajustes e automatização (KUMAR; PHROMMATHED, 2006).

McIntosh et al. (2007) apontam alguns atributos que podem ser usados para aplicar algumas das etapas da metodologia da TRF. Assim, para separar o *setup* interno do externo, pode ser usado *checklist*, ser verificado o desempenho das funções dos participantes da troca da máquina e podem ser realizadas melhorias de transporte das peças necessárias para a realização do *setup*. Na conversão de *setup* interno em externo, os autores consideram importante a preparação das condições do equipamento com antecedência, a padronização das funções e o uso de gabaritos intermediários. Para racionalizar toda a operação de *setup*, sugerem melhorias no armazenamento e transporte de matrizes e adoção de sistemas múltiplos comuns.

Se a TRF for aplicada a um recurso não gargalo, os ganhos não serão percebidos, pois o equipamento já apresenta ociosidade. Assim, a TRF deve ser utilizada nos recursos gargalos, que são os que apresentam menor capacidade em comparação com a demanda necessária e, portanto, precisam de uma imediata melhoria (SINGH; KHANDUJA, 2010).

O uso da TRF como um método de aumento de produtividade são apresentados em outros estudos, como mostra o Quadro 1.

3 Capacidade de produção e disponibilidade de equipamentos

O gerenciamento de processos é uma ferramenta para controlar o processo produtivo das empresas. Teve aumento crescente como forma de satisfazer as expectativas dos clientes, a partir da

Autores	Finalidade
McIntosh et al. (2007)	Mostrar nova interpretação da TRF para promover a melhoria dos processos
Sugai, McIntosh e Novaski (2007)	Mostrar os ganhos em produtividade no tempo que anteriormente era utilizado para o <i>setup</i>
Cakmakci (2009)	Apresentar a melhoria do desempenho em indústria automobilística pela utilização da TRF
Reis e Alves (2010)	Calcular os ganhos em recursos e inventário com a aplicação da TRF
Singh e Khanduja (2010)	Usar a implantação da TRF para gerir a produção
Moreira e Pais (2011)	Apresentar os ganhos financeiros a partir da redução do tempo de <i>setup</i> com a implantação da TRF

Quadro 1: Alguns estudos publicados sobre a técnica da TRF

implantação de programas de gerenciamento total da qualidade.

Paim, Caulliraux e Cardoso (2008) apresentam uma linha do tempo do gerenciamento de processos, que se inicia com a teoria científica, passa pela qualidade total, teoria das restrições, sistema Toyota de produção, chegando aos conceitos modernos de gerenciamento integrado adotados atualmente, como, por exemplo, o sistema de gerenciamento de processos e técnicas como TRF e Manutenção Produtiva Total – TPM.

Para Singh, Garg e Deshmukh (2008) para haver um melhor aproveitamento da capacidade produtiva, as estratégias de produção devem contemplar as prioridades competitivas, as práticas de gestão de processos, a medição de desempenho e as condições do mercado consumidor. Já Yang et al. (2010) apresentam as técnicas de *just-in-time* e melhoria contínua, como um dos fatores principais para a melhora na produtividade.

A fim de que a capacidade produtiva seja mantida nos limites planejados, é necessário que haja eficácia na disponibilidade operacional dos

equipamentos. Em vista disso, Khan e Darrab (2010) recomendam a utilização de técnicas como o gerenciamento da manutenção, a visão sistêmica e a busca por melhoria da qualidade. Assim, tem-se a melhora dos processos e a obtenção de um sistema produtivo eficaz.

4 Metodologia

A empresa estudada possui sete linhas de produção, com capacidade produtiva de 300 milhões de litros por ano, em produtos, tais como água mineral, energéticos e refrigerantes. Conta com 600 funcionários e uma área construída de 25.000 m². A linha de produção em que foi utilizada a técnica da TRF para redução do tempo de *setup* produz quatro tamanhos de embalagens: 350 ml; 500 ml; 1,5 l e 2 l, e envasa água mineral e energético, e possui cinco equipamentos. As características de produção fazem com que o *layout* da linha seja por produto, para que se tenha um melhor rendimento produtivo e assim atender a demanda. A máquina escolhida para aplicar a TRF foi a sopradora, por ser a primeira do processo e por seu tempo de *setup* ser o maior da linha de produção.

Quanto às técnicas de pesquisa, foi utilizado o estudo de caso, pois neste trabalho busca-se realizar uma análise detalhada dos tempos de *setup* de uma máquina sopradora de garrafas plásticas de uma linha de produção em uma empresa e a implantação de melhorias no processo de troca de ferramentas para aperfeiçoar a capacidade de produção da linha estudada. O estudo de caso requer uma pesquisa profunda e exaustiva de um ou poucos objetos de análise, de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento. Yin (2005) considera o estudo de caso o meio mais adequado para investigar o comportamento de um fenômeno, no qual os limites entre o fenômeno e

seu contexto não são claramente percebidos. E apresenta cinco importantes características desse estudo: as questões do estudo; suas proposições, quando houver; sua unidade de análise; a lógica que une os dados às proposições e os critérios de interpretação das constatações.

Em relação ao envolvimento do pesquisador na pesquisa, trata-se de uma pesquisa-ação, que para Thiollent (2008) faz uma estreita relação entre uma ação e a resolução de um problema com os quais o pesquisador esteja envolvido. Para a coleta de dados, foi utilizada a observação sistemática, a qual teve adequado planejamento dos instrumentos de coleta, sendo realizada em condições controladas para responder aos propósitos preestabelecidos para a pesquisa. O instrumento de coleta de dados foi um formulário de análise das atividades e tempos da operação de *setup*.

A escolha da sopradora de garrafas plásticas dessa linha de produção foi realizada pelo método não probabilístico de amostragem por cotas, que segue três etapas: classificação da população em razão das propriedades relevantes ao estudo, determinação da proporção da população a ser colocada em cada classe e fixação da cotas de cada observador. Para tanto, a classificação da sopradora como elemento relevante refere-se ao fato de o equipamento ser o primeiro da linha de produção e ao de apresentar maior tempo de *setup*.

A técnica escolhida para a condução das atividades de melhoria do *setup* da sopradora de garrafas plásticas foi a TRF, considerando-se os estudos apresentados como referências na melhoria de produtividade em diferentes setores da indústria. Para tanto, foi usado o modelo de trabalho proposto em Moreira e Pais (2011), baseado em quatro etapas: início da aplicação da TRF, separação do *setup* interno do externo, conversão de *setup* interno em externo e melhoria dos aspectos na operação do *setup*.

5 Resultados e discussões

O processo de sopro consiste em soprar “pré-formas”, aquecidas a 100 °C e com pressão de 40 bar, em ferramentas de conformação, chamadas de ferramentas de sopro (Figura 1). A máquina estudada produz quatro tamanhos de embalagens plásticas, e possui diversos componentes que facilitam a troca das ferramentas. Sua capacidade máxima produtiva é de 8.400 embalagens/hora.

A cada tamanho produzido, é necessário re-alizar-se um *setup*, para ajustar o processo para o início da produção do próximo lote, trocando-se ferramentas de sopro.



Figura 1: Ferramentas de sopro

Na situação inicial deste estudo, o tempo total de *setup* da sopradora era de 76 minutos, sendo essa tarefa realizada por um operador. Os procedimentos realizados para a troca de ferramentas são o esvaziamento de “pré-formas”, mostradas na Figura 2, regulagem das duas guias de entrada, lubrificação e troca de seis moldes, regulagem das

guias e troca da roda de saída, troca de seis hastes de estiragem, regulagem de receita no painel de controle e teste de sopro.



Figura 2: Pré-formas

5.1 Realização do *setup* antes das melhorias propostas

A realização do *setup* antes da proposta de melhoria estava baseada especificamente no *setup* interno, sendo todos os procedimentos realizados com a máquina parada, deixando-se de produzir. Havia um controle de “pré-formas” na caçamba de abastecimento, porém faltava um padrão para determinar a quantidade de “pré-formas” existentes no equipamento, dificultando o controle e possibilitando erro na finalização da produção. A troca de ferramentas iniciava a partir da última embalagem em conformidade com a especificação produzida, momento no qual o operador realizava o apontamento de produção, e logo após iniciava a troca de moldes.

Os moldes eram acondicionados em uma caixa de madeira que ficava ao lado da sopradora. Quando necessário, eram retirados e colocados em cima da mesa de troca, que era fixa. As operações para trocar os moldes; para lubrificação e para a troca de hastes, mostradas na Figura 3, e das guias, apresentadas na Figura 4, eram realizadas desordenadamente, dependendo de cada operador.

Isso gerava muita diferença no tempo de troca entre os operadores que realizavam o *setup*, sendo o menor tempo conseguido pelo operador

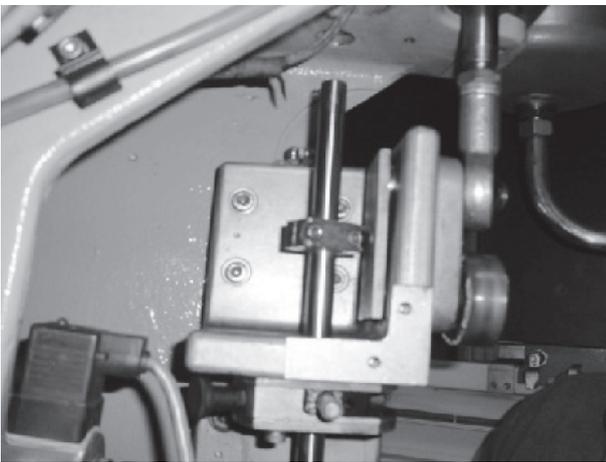


Figura 3: Haste de estiragem



Figura 4: Guias

com mais experiência. Para a realização da troca de ferramentas na sopradora existiam vários obstáculos, como, por exemplo:

- A mesa de troca (Figura 5) era fixa, aumentando o tempo do *setup*, uma vez que ficava distante da porta de acesso para os moldes, o que obrigava, em cada troca, que o operador percorresse uma grande distância.
- Entre a mesa de troca e a porta de acesso havia uma mangueira de ar comprimido, como ilustra a Figura 6, dificultando a troca e aumentando o risco de acidentes.



Figura 5: Mesa de troca antes e depois das melhorias

- O acondicionamento não adequado dos moldes dificultava o acesso para retirá-los e recolocá-los após o *setup*.

Como a máquina sopradora produz quatro tamanhos de embalagem, ela possui quatro moldes distintos. Entretanto, apenas os dois mais utilizados estavam acondicionados em caixas de madeira ao lado do equipamento. Quando havia a necessidade de produzir os outros dois tamanhos, o operador de empilhadeira era encarregado de buscar no almoxarifado as caixas referentes aos moldes que seriam instalados na sopradora, esse procedimento gerava perdas por transporte. Para

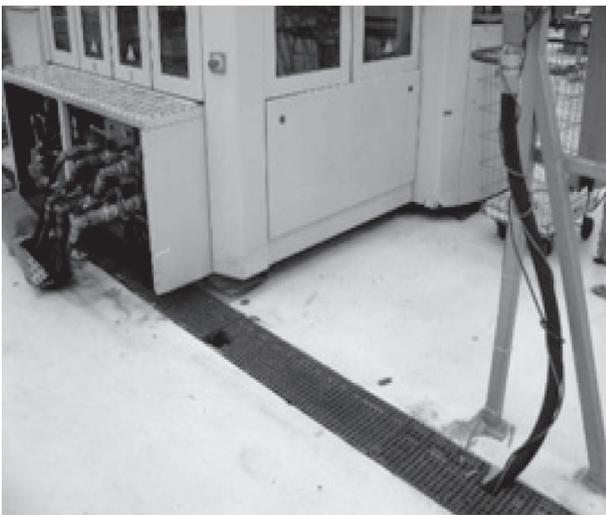


Figura 6: Acesso à porta de substituição dos moldes antes e após as melhorias

determinar o tempo de *setup* da máquina, foram realizadas cinco medições de tempo de troca de cada um dos quatro operadores. A média de cada operador é apresentada na Tabela 1.

As etapas do *setup*, na condição inicial deste estudo, são apresentadas na Tabela 2 que mostra

Tabela 1: Tempo de *setup* antes das melhorias

Operador	Minutos
Operador 1	80
Operador 2	74
Operador 3	74
Operador 4	76
Média	76

Tabela 2: Tempo de troca antes das melhorias

Procedimento	Tempo (min)	Porcentagem (%)
Realizar o apontamento de produção com as informações necessárias	2	2,63
Retirar todas as pré-formas do coxo, elevador e trilho de entrada, caso haja necessidade decorrente do tamanho da embalagem	4	5,26
Providenciar ferramentas e equipamentos de proteção individual	3	3,95
Colocar moldes na mesa de troca; cada molde tem local específico no equipamento, portanto é importante retirar da caixa e colocar os moldes sobre a mesa de troca em ordem de um a seis para que não haja erro de posição	4	5,26
Lubrificar os moldes; devem-se lubrificar as cavidades em contato dos moldes a cada <i>setup</i>	9	11,84
Regular guia da entrada de pré-formas	2	2,63
Trocar guias e roda da saída; dependendo do <i>setup</i> é feita a troca das guias de saída e roda de saída	8	10,53
Trocar moldes, fundo e batentes	26	34,21
Trocar hastes de estiragem; existem na máquina dois jogos de hastes, um jogo é usado para garrafas de 2 l e 1,5 l, e o outro, para 500 ml e 350 ml	10	13,16
Teste de rotação da máquina; o teste de rotação é feito a uma velocidade baixa para o operador conferir se não há erro no <i>setup</i>	1,5	1,98
Regular o aéreo; esse componente é formado por guias que se ajustam pneumáticamente	2,5	3,29
Troca de receita e teste de sopragem; as receitas já estão gravadas no painel de controle de acordo com a gramatura da pré-forma e tipo de resina, apenas alguns ajustes são necessários para iniciar o sopro de garrafas	4	5,26
Total	76	100

o tempo individual e o percentual que representa para o total do *setup*.

Das 12 operações para a realização do *setup*, um terço representa 69,74% do total de tempo consumido para a troca das ferramentas. Essas operações são a troca dos moldes e da haste de estiragem, a lubrificação dos moldes e a troca das guias e da roda de saída.

5.2 Elaboração do projeto de melhorias

Avaliando-se a máquina, não havia pontos a ser melhorados em relação à troca de ferramentas, devido a engates e fixadores serem de alta tecnologia, usando sistema de engate rápido em seus elementos, sendo necessárias somente três chaves para a realização do *setup*. Com essa análise, verificou-se, portanto, que, para conseguir a redução do tempo de *setup*, seriam necessárias mudanças dos procedimentos e padronização das atividades. Assim, para a elaboração do projeto de melhorias proposto foram tomadas duas ações básicas: a eliminação dos problemas físicos e a elaboração, treinamento e padronização de um novo procedimento de *setup* de todos os operadores.

Para eliminar os problemas físicos, foi modificada a mesa de troca dos moldes, antes fixa se tornou móvel por meio da instalação de rodas. Essa melhoria relaciona-se com a redução de movimentos, pois o operador, deslocando a mesa com moldes acondicionados, ferramentas e acessórios deixando-os ao alcance para o procedimento de *setup*, reduz a distância entre a mesa e a porta de acesso da máquina. Outra modificação foi a remoção de uma mangueira de ar comprimido do chão, o que facilitou a locomoção da mesa de troca. A terceira ação foi a instalação de um armário para um melhor acondicionamento dos moldes e acessórios, facilitando a aplicação de *setup* externo e diminuindo a possibilidade de faltar moldes para

troca, não havendo mais necessidade de buscar as caixas de madeira no almoxarifado.

Como segunda ação básica, deu-se a elaboração, treinamento e padronização de um novo procedimento para execução do *setup*. Assim, foram observados, cronometrados e filmados, os procedimentos adotados para identificar possíveis melhorias e separar as etapas de *setup* interno em externo.

Ao analisar os tempos de *setup*, apresentados na Tabela 2, percebeu-se que os procedimentos que consumiam maior tempo eram as trocas de moldes fundos e batentes; das hastes de estiragem e de guias e roda de saída. Por isso, foi reduzida a distância entre a mesa de troca e a porta de acesso aos moldes, o que, conseqüentemente, reduziu o tempo para realização dessa etapa; para modificação do sistema de fixação das hastes de estiragem e para preparação das guias e rodas de saída como *setup* externo.

Além disso, outros procedimentos também puderam ser convertidos em *setup* externo, tais como a lubrificação de moldes, a providência de ferramentas, a regulagem das guias de entrada e o alinhamento dos moldes.

Após essas modificações, foram realizadas novamente cinco tomadas de tempo de cada operador, sendo a média de cada operador apresentada na Tabela 3, que mostra os tempos médios de *setup* de cada operação e também todas as operações que foram transformadas em *setup* externo, o que representa um ganho direto na redução do *setup*.

Com o novo procedimento padronizado para a execução do *setup* externo da sopradora, foram realizadas novamente cinco tomadas de tempo de cada operador, sendo a média de cada operador apresentada na Tabela 4.

5.3 Resultados produtivos

Tabela 3: Tempo de troca após melhorias

Procedimento	Tempo (min)	Porcentagem (%)
Apontamento de produção	2	5,71
Esvaziar a máquina	1	2,85
Providenciar ferramentas e EPIs	Setup externo	0
Alinhar moldes e ferramentas na mesa	Setup externo	0
Lubrificar os moldes	Setup externo	0
Regulagem das guias de entrada	Setup externo	0
Trocar guias e roda de saída	3	8,57
Trocar moldes, fundo e batentes	18	51,42
Trocar hastes de estiragem	4	11,42
Teste da máquina	1,5	4,28
Regula o aéreo	2,5	7,14
Troca de receita e teste de sopragem	4	11,42
Total	35	100

Tabela 4: Tempos total de troca após melhorias

Operador	Minutos
Operador 1	39
Operador 2	35
Operador 3	34
Operador 4	32
Média	35

Os dados apresentados na Tabela 5 mostram a comparação da situação antes da aplicação da metodologia proposta e após o treinamento e padronização do novo procedimento de *setup*. Vê-se que houve uma redução de 53,94% no tempo total, passando de 76 para 35 minutos.

Segundo dados do setor de planejamento e programação da produção da empresa estudada, no ano de 2010, foram realizadas 153 trocas de ferramentas de 76 minutos, totalizando 193,8 horas de paradas de produção relativas ao *setup*.

Tabela 5: Comparativo em porcentagem dos ganhos obtidos

Procedimento	Tempo do setup antes (min)	Tempo do setup depois (min)	Ganho de tempo (min)	% de ganho
Apontamento de produção	2	2	0	0
Esvaziar a máquina	4	1	3	75
Providenciar ferramentas e EPIs	3	Setup externo	3	100
Alinhar moldes e ferramentas na mesa	4	Setup externo	4	100
Lubrificar os moldes	9	Setup externo	9	100
Regulagem das guias de entrada	2	Setup externo	2	100
Trocar guias e roda de saída	8	3	5	62,5
Trocar moldes, fundo e batentes	26	18	8	30,76
Trocar hastes de estiragem	10	4	6	40
Teste da máquina	1,5	1,5	0	0
Regula o aéreo	2,5	2,5	0	0
Troca de receita e teste de sopragem	4	4	0	0
Total	76	35	41	53,94

A capacidade de produção da máquina é de 8400 embalagens/hora para o volume de 350 ml e 500 ml; de 8000 embalagens/hora para embalagens de 1500 ml e de 7800 embalagens/hora de 2000 ml. Considerando a capacidade de produção média da máquina, como 8066 embalagens/hora, a empresa pode ter um ganho anual na produção de 1.563.191

embalagens com um investimento total de R\$ 10.280,40. Comparando o ganho real de produção com o resultado obtido pela redução do tempo de *setup*, analisando-se a parada de produção em decorrência do *setup* nos últimos 12 meses e o total de horas trabalhadas por turno, o incremento em produção nessa linha de produção será de 2,79%.

6 Conclusões

A adoção da técnica de TRF ao processo produtivo de sopro das embalagens plásticas trouxe um resultado muito positivo para a produtividade e a competitividade da empresa. Algumas das etapas de *setup* anteriores a este estudo eram consideradas comuns pelos operadores e pelos responsáveis pela administração da produção. A partir da análise e proposta de melhorias, observou-se que quatro atividades eram totalmente desnecessárias e tornaram-se *setup* externo. Além disso, outras quatro operações tiveram seu tempo reduzido.

Considerando que a sopradora era um equipamento gargalo para a estratégia da empresa e os resultados obtidos, conclui-se que a técnica da TRF deva ser adotada em paralelo a outros programas de melhoria contínua implementados pela empresa, como a Manutenção Produtiva Total. A adoção dessa técnica em outros equipamentos da organização trará um aumento no tempo de máquina em operação; oferecerá melhores condições de trabalho aos operadores; e fará com que a empresa seja mais competitiva no atendimento às variações de demanda de seus clientes.

Referências

CAKMAKCI, M. Process improvement: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 41, n. 1-2, p. 168-179, 2009.

CAKMAKCI, M.; KARASU, M. K. Set-up time reduction process and integrated predetermined time system MTM-UAS: a study of application in a large size company of automobile industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 33, n. 3-4, p. 334-344, 2007.

FOGLIATTO, F. S.; FAGUNDES, P. R. M. Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso. *Gestão & Produção*, v. 10, n. 2, p. 163-181, 2003.

KHAN, M. R. R.; DARRAB, I. A. Development of analytical relation between maintenance,

quality and productivity. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v. 16, n. 4, p.

341-353, 2010.

KUMAR, S.; PHROMMATHED, P. Improving a manufacturing process by mapping and simulation of critical operations. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 17, n. 1, p. 104-132, 2006.

LENG, M.; PARLAR, M. Lead-time reduction in a two-level supply chain: non-cooperative

equilibria vs. coordination with a profit-sharing contract. *International Journal of Production Economics*, v. 118, n. 2, p. 521-544, 2009.

McINTOSH, R.; OWEN, G.; CULLEY, S.; MILEHAM, T. Changeover improvement: reinterpreting Shingo's "SMED" methodology. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v. 54, n. 1, p. 98-111, 2007.

MOREIRA, A. C.; PAIS, G. C. S. Single minute exchange of die: a case study implementation. *Journal of Technology Management & Innovation*, v. 6, n. 1, p. 129-146, 2011.

NEUMANN, C. S. R.; RIBEIRO, J. L. D.

Desenvolvimento de fornecedores: um estudo de caso utilizando a troca rápida de ferramentas. *Produção*, v. 14, n. 1, 2004.

PAIM, R.; CAULLIRAUX, H. M.; CARDOSO, R. Process management tasks: a conceptual and practical view. *Business Process Management Journal*, v. 14, n. 5, p. 694-723, 2008.

PHUSAVAT, K.; KANCHANA, R. Future competitiveness: viewpoints from manufacturers and service providers. *Industrial Management & Data Systems*, v. 108, n. 2, p. 191-207, 2008.

REIS, M. E. P.; ALVES, J. M. Um método para o cálculo do benefício econômico e definição da estratégia em trabalhos de redução do tempo de *setup*. *Gestão & Produção*, v. 17, n. 3, p. 579-588, 2010.

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



SINGH, B. J.; KHANDUJA, D. SMED: for quick changeovers in foundry SMEs. *International Journal of Productivity and Performance Management*, v. 59, n. 1, p. 98-116, 2010.

SINGH, R. K.; GARG, S. K.; DESHMUKH S. G. Strategy development by SMEs for competitiveness: a review. *Benchmarking: An International Journal*, v. 15, n. 5, p. 525-547, 2008.

SUGAI, M.; McINTOSH, R. I.; NOVASKI, O. Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. *Gestão & Produção*, v. 14, n. 2, p. 323-335, 2007.

THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa-ação*. 16. ed. São Paulo: Cortez, 2008.

YANG, C. L. et al. Mediated effect of environmental management on manufacturing competitiveness: an empirical study. *International Journal of Production Economics*, v. 123, n. 1, p. 210-220, 2010.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

Recebido em 30 nov. 2011 / aprovado em 27 dez. 2011

Para referenciar este texto

BARTZ, T.; SILUK, J. C. M.; GARCIA, M. Redução do tempo de *setup* como estratégia de aumento da capacidade produtiva: estudo de caso em sopradora de garrafas plásticas. *Exacta*, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 36-46, 2012.