

Método SMED: estudo de caso, análise crítica e aperfeiçoamento

Cássio Parisotto¹ | Diego Augusto de Jesus Pacheco²

Resumo

Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa exploratória com abordagem quantitativa e qualitativa, que teve como finalidade aplicar o método SMED para redução do tempo de *setup* e analisar as lacunas encontradas no método. O estudo foi aplicado em uma linha de envase de refrigerantes em embalagem PET de uma grande indústria de bebidas localizada no Vale do Paranhana. Na primeira parte do trabalho, foram aplicados os quatro estágios do SMED, definidos por Shingo. Na segunda parte, foi realizada a análise das lacunas identificadas na aplicação do método original criado por Shingo. Como resultado, obteve-se redução de 72,6% no tempo de *setup* do equipamento estudado, elevando o OEE de 82,2% para 87,9%. Além das melhorias no equipamento, foi possível comprovar um aspecto não considerado no método SMED, que já havia sido verificado na literatura, e identificar dois novos aspectos não citados na literatura e não considerados no método: padronização das atividades e verificação dos resultados. Por fim, a partir do estudo, foi realizada a proposição de um novo modelo para redução de tempo de *setup* considerando tais lacunas.

Palavras-chave: *Setup*. SMED. OEE.

Abstract

This article presents the results of an exploratory research with quantitative and qualitative approach that had as purpose to apply the SMED method for reduction of setup time and analyze the gaps found in the method. The study was applied on a PET packaging line of soft drinks from a big beverages industry located in the Paranhana Valley. In the first part of the work, the four stages of SMED defined by Shingo were applied and in the second part was performed the analysis of gaps identified in the application of the original method created by Shingo. As a result, there was obtained 72.6% reduction in setup time of the equipment studied raising the OEE from 82.2% to 88%. In addition to the improvements on the equipment, it was possible to demonstrate an aspect not considered in the SMED method that had been verified in the literature and identify two new aspects not mentioned in the literature and not considered in the method: standardization of activities and verification of results. Lastly, through the study, was performed the proposition of a new model to reduce setup time considering such gaps.

Keywords: *Setup*. SMED. OEE.

¹ Graduado em Engenharia de Produção pelas Faculdades Integradas de Taquara - Faccat – Taquara/RS. cassio.parisotto@gmail.com

² Professor das Faculdades Integradas de Taquara - FACCAT - Taquara/RS. Orientador do trabalho. engdie@gmail.com - <http://lattes.cnpq.br/4781703358138277>

1 Introdução

Todas as organizações possuem objetivos operacionais em comum, independente do setor em que atuam ou do porte da empresa. Entre esses objetivos, os principais são produzir mercadorias e serviços adequados que sejam entregues de maneira rápida e pontual. É necessário que as empresas tenham a capacidade de alterar o volume de produção de maneira relativamente fácil para atender, com eficácia, aos inesperados aumentos e diminuições de demanda, dando a sensação para o mercado de que a empresa oferece produtos personalizados, que satisfazem as necessidades do consumidor e ainda mantêm o benefício da produção em grande escala (MARCOSÉ; SURRIDGE; GILLESPIE, 2013).

Dentro desse cenário, a redução dos tempos de troca de ferramentas e equipamentos é fundamental para atender a mudanças de mercado. Com essas reduções, a organização consegue produzir pequenos lotes, atendendo rapidamente o mercado e sem a geração de grandes estoques. Segundo Shingo (1996), um dos benefícios da redução dos tempos de troca de ferramentas é a rápida resposta às flutuações de demanda, por meio de ajustes para se adequar a mudanças nas exigências de modelo e ao tempo de entrega. Bartz, Siluk e Garcia (2012) afirmam que, 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. No caso da empresa estudada, a maior oportunidade observada na linha de produção está nas perdas de *setup*.

Para redução das perdas de *setup*, um dos métodos mais eficientes é o SMED (*Single Minute Exchange of Die*), também chamado de TRF (Troca Rápida de Ferramenta). De acordo com Bacci, Sugai e Novaski (2005), para a aplicação efetiva e eficaz do método SMED, é necessário estudar os seus condicionantes, já que esses fatores influenciam diretamente as decisões de investimento na indústria. Os autores também defendem que é possível fazer uma tomada de decisão com base no OEE de cada operação ou equipamento, visto que esse índice é um operador capaz de analisar a eficiência em que as instalações estão sendo utilizadas. A linha de produção estudada possui demanda variável de acordo com a sazonalidade e, mesmo no período de maior demanda, a linha consegue atender às solicitações do mercado. Apesar disso, o tempo de *setup* realizado é 92% maior do que o tempo hipotético utilizado para a programação da produção, conseqüentemente, ocorrem atrasos na programação semanal da linha.

Assim sendo, este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa exploratória que teve por finalidade aplicar o método SMED para redução do tempo de *setup*, em uma linha de envase de refrigerantes em embalagem PET (politereftalato de etileno), e analisar as lacunas do método criado por Shingo (1996). Foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o tema e, posteriormente, foi realizado um estudo de caso onde foram aplicados os quatro estágios do SMED, definidos por Shingo. Por fim, foi realizada a análise das lacunas identificadas na aplicação do método. O restante deste artigo está estruturado da seguinte forma: na seção 2, é apresentada a fundamentação teórica; na seção 3, a metodologia utilizada; na seção 4, o estudo aplicado; na seção 5, a análise e discussão dos resultados e na seção 6, as conclusões deste trabalho.

2 Fundamentação teórica

2.1 TPM - Total Productive Maintenance

O TPM (*Total Productive Maintenance*) está entre os métodos mais eficientes para transformar uma fábrica em uma operação, na qual o gerenciamento seja orientado para o equipamento. Conforme Takahashi e Osada (1993), para essa transformação, é fundamental que todos os colaboradores da organização, inclusive a alta gerência, voltem sua atenção a todos os componentes da fábrica, pois a confiabilidade, a segurança, a manutenção e as características operacionais da fábrica são elementos decisivos para garantir qualidade, quantidade e custo. Segundo Leal *et al.*, (2012), para que o operador obtenha o domínio do seu equipamento, é necessário mudar o conceito de “eu fabrico, você conserta” para “do meu equipamento cuido eu”.

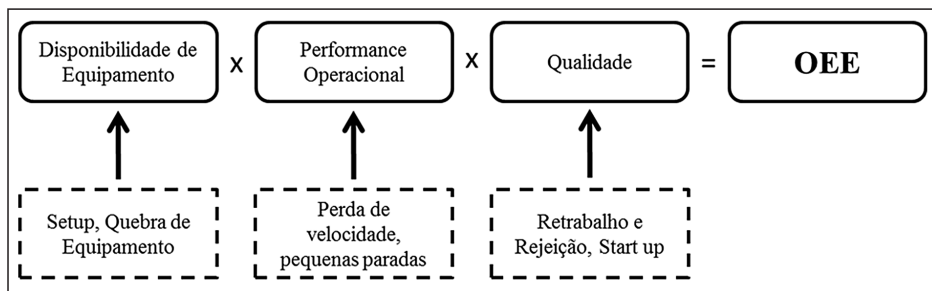
Conforme Silva M. *et al.*, (2013), o TPM é estruturado a partir de oito pilares, que possuem as seguintes funções: (i) Melhoria Específica: focar na melhoria global do negócio; (ii) Manutenção Autônoma: autogerenciamento e controle, liberdade de ação, elaboração e cumprimento de padrões; (iii) Manutenção Planejada: treinar técnicas de planejamento, utilizar um sistema mecanizado de programação diária e planejar paradas; (iv) Educação e Treinamento: ampliar a capacitação gerencial, técnica e comportamental de manutenção e operação; (v) Controle Inicial: estabelecer um sistema de gerenciamento da fase inicial para novos projetos; (vi) Manutenção da Qualidade: estabelecer um programa de zero defeito; (vii) TPM *Office*: estabelecer um programa de TPM nas áreas administrativas; (viii) Segurança: estabelecer um sistema de saúde, segurança e meio ambiente.

2.2 OEE - Overall Equipment Effectiveness

Conforme Moellmann *et al.* (2006), o indicador de OEE permite analisar rapidamente a capacidade de uma linha de produção como um todo, desde que conhecida a capacidade bruta de produção dos equipamentos. Além disso, o indicador é extremamente útil também para analisar as operações que representam gargalos para a linha de produção, ou seja, aquelas que, de alguma maneira, causam restrições para o atingimento da total capacidade da linha de fabricação. A utilização do OEE permite que as empresas analisem as reais condições de utilização de seus equipamentos, sendo que um OEE de 85% deve ser buscado como uma meta ideal para os equipamentos (NAKAJIMA, 1993).

Segundo Raposo (2011), o OEE é utilizado para medir o desempenho de equipamentos e máquinas, possibilitando a visualização dos equipamentos ou processos que possuem baixos índices de eficiência e que necessitam de intervenção. De acordo com Moellmann *et al.*, (2006), o cálculo do OEE envolve três variáveis: disponibilidade, performance e qualidade, conforme visto na Figura 1.

Figura 1 - Dados para o cálculo do OEE



Fonte: Adaptado de Raposo (2011)

A disponibilidade é dada pela porcentagem do tempo em que o equipamento é utilizado efetivamente em atividade produtiva. A qualidade é medida pela porcentagem de peças produzidas pela máquina que cumpriu todos os requisitos e exigências de qualidade. Já a eficiência da máquina ou da operação é dada pela relação percentual entre a produção real e a produção padrão, ou ainda, pela relação percentual entre o tempo padrão da operação e seu tempo real de execução. Conforme Raposo (2011), a eficiência, nesse contexto, está relacionada à redução ou à eliminação das atividades que não agregam valor ao produto e que, portanto, são geradoras de custos. Na filosofia *Lean*, tais atividades são classificadas em oito desperdícios: superprodução, desperdício de estoque, produto defeituoso, retrabalho, espera, pessoal, movimentação e desperdício de transporte.

2.3 SMED - *Single Minute Exchange of Die*

Conforme Matos (2012), SMED é a sigla para *Single Minute Exchange of Die*, expressão em inglês que significa, em uma tradução livre, Troca de Molde em Tempo menor que 10 minutos. Essa metodologia é também conhecida como TRF (Troca Rápida de Ferramenta). De acordo com Reis e Alves (2010), o método SMED foi criado por Shigeo Shingo, o qual desenvolveu a metodologia por um período de 19 anos por meio de exames detalhados de aspectos teóricos e práticos para redução de *setup*.

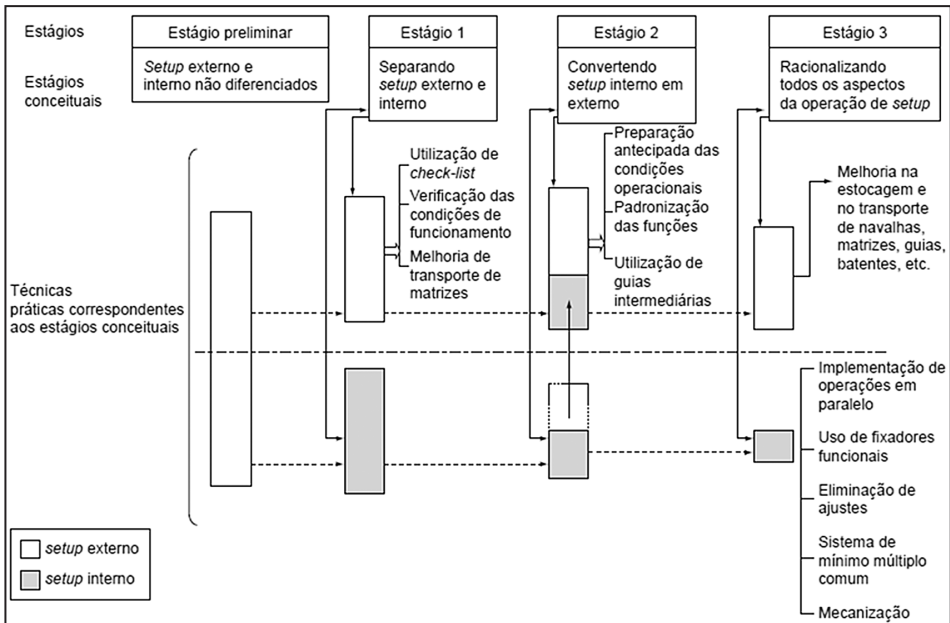
De acordo com Sugai, McIntosh e Novaski (2007), a metodologia é considerada a principal referência quando se trata de redução dos tempos de *setup* de máquinas. Satolo e Calarge (2008) afirmam que o tempo de *setup* pode ser definido como o tempo transcorrido para realização de todas as tarefas necessárias para a troca de ferramenta, 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.

Segundo Reis e Alves (2010), a base do método SMED está no entendimento de que as operações de *setup* são de dois tipos diferentes: (i) *setup* interno: atividades que só podem ser realizadas quando a máquina estiver parada, por exemplo: montagem ou remoção de matrizes; (ii) *setup* externo: atividades que podem ser realizadas quando a

máquina estiver funcionando, por exemplo: transporte de matrizes já utilizadas para o almoxarifado.

De acordo com Shingo (1996), as atividades executadas em cada etapa de implantação do SMED são: (i) estágio preliminar: nesse estágio, não é realizada nenhuma distinção entre *setups* interno e externo, somente é verificado o procedimento atual de *setup*; (ii) estágio um: é o estágio mais importante na implantação do SMED. Nesse estágio, as atividades serão separadas em internas e externas; (iii) estágio dois: durante esse estágio, deve-se analisar as operações de *setup* para determinar se alguma das atividades de *setup* interno pode ser convertida em *setup* externo; (iv) estágio três: no último estágio de implantação do SMED, são examinadas todas as atividades de *setup* interno e externo para observar possíveis oportunidades de melhorias, levando em consideração a eliminação de ajustes e a linearização dos métodos de fixação. Ainda segundo Shingo (1996), o SMED conduz a melhoria do *setup* de forma progressiva. Assim, ele passa pelos quatro estágios básicos, conforme visto na Figura 2.

Figura 2 - Estágios de Implantação do SMED



Fonte: Adaptado de Shingo (1996).

De acordo com Kanzawa (2006), em muitas situações, reduzir o *setup* para um tempo inferior a 10 minutos não será possível devido à necessidade de um alto investimento. Entretanto, aplicando o conceito e as ferramentas do SMED, será possível reduzir drasticamente o tempo de duração do *setup* na maioria dos casos. Antunes e Rodrigues (1993) afirmam que o uso adequado do método de troca rápida de ferramentas é um dos meios essenciais para que seja possível produzir em ambientes flexíveis do tipo *just-in-time*.

Apesar dos benefícios da aplicação do SMED, Sugai, McIntosh e Novaski (2007) afirmam que o método é mais indicado para processos simples, pois a forte ênfase na transferência de atividades internas para atividades externas torna a metodologia pouco enfática quanto à importância das melhorias em projeto de máquinas.

O método SMED pode ser aplicado em diversos setores da indústria, tais como: fabricação de torres para linhas de transmissão de energia elétrica (GONÇALVES; SOUZA, 2013), estamperia (SANTOS *et al.*, 2012), processo de injeção termoplástica (CORREIA *et al.*, 2010), indústria de alimentos (PONTES *et al.*, 2007), indústria farmacêutica (CAS *et al.*, 2013), calçados (LOPES; LOPES; MORAES, 2007), metalúrgica (RECH, 2004), eletrodomésticos (CAMPANINI *et al.*, 2013), plásticos (CECHECT *et al.*, 2012), siderúrgica (LEÃO, 2009), eletroeletrônico (REZENDE; REBELO, 2009), confecção, (SILVA A. *et al.*, 2013), botas de PVC (COSTA; LIMA; GOMES, 2012) e até mesmo em processos, como atividades de manutenção preventiva (LEÃO, 2009).

2.4 Melhoria de produtividade na indústria

Slack *et al.* (1996) afirmam que todas as operações produtivas precisam de alguma forma de medida de desempenho como pré-requisito para melhoramento da produtividade. Segundo o autor, qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo são os cinco objetivos do desempenho. Segundo Ohno (1997), para melhorar o desempenho de uma fábrica, a eficiência deve ser melhorada em cada estágio. Para isso, é necessário observar a eficiência de cada operador e de cada linha, então se deve observar os operadores como um grupo, e, depois, a eficiência de toda a fábrica.

King, Lima e Costa (2014) afirmam que a produtividade é a principal forma de medir a geração de riquezas em uma sociedade. Além da ampliação do valor adicionado em relação aos recursos utilizados, o aumento da produtividade possibilita a expansão e diversificação dos mercados. De acordo com Antunes *et al.* (2008), existem dois tipos de recursos que restringem os fluxos de materiais nos sistemas produtivos, podendo afetar o desempenho econômico e financeiro das empresas: os gargalos e os recursos com capacidade restrita, também chamados de CCRs (*Capacity Constraints Resources*). Os gargalos de produção são os recursos que possuem capacidade disponível menor do que a capacidade necessária para atender à demanda do mercado, considerando um determinado período de tempo analisado. Já os CCRs são os recursos que possuem capacidade maior do que a demanda de mercado, mas podem apresentar restrições à capacidade devido a variabilidades no sistema produtivo, como, por exemplo, deficiências no sequenciamento de produção, problemas de manutenção e questões associadas a tempos de *setup* (ANTUNES *et al.*, 2008).

Ohno (1997) afirma que tudo o que não agrega valor ao produto, visto sob os olhos do cliente, é desperdício no sistema de Produção Enxuta. Além disso, o autor defende que Produção Enxuta é o resultado da eliminação de sete tipos clássicos de desperdícios: (i) perda por superprodução; (ii) perda por tempo de espera; (iii) perda por transporte; (iv) perda por processamento; (v) perda por movimentação nas operações; (vi) perda por produtos defeituosos ou retrabalho; (vii) perda por estoque. Além dos sete tipos clássicos de perdas citados por Ohno (1997), Liker (2005) afirma que existe um

oitavo tipo de perda, referente a desperdícios da criatividade dos funcionários. Segundo o autor, essa perda caracteriza-se pela perda de tempo, habilidades, ideias, melhorias e oportunidades por não envolver e ouvir os funcionários.

3 Metodologia

3.1 Diagnóstico do cenário

A indústria de bebidas onde foi aplicado o estudo é de grande porte e está localizada na cidade de Igrejinha-RS desde 2004. Com aproximadamente 350 funcionários, a unidade tem capacidade produtiva de 250.000 hectolitros/mês. Essa produção se dá a partir de uma linha de vidro retornável, uma linha de refrigerante PET, uma linha de água mineral PET e uma linha de Latas de Alumínio.

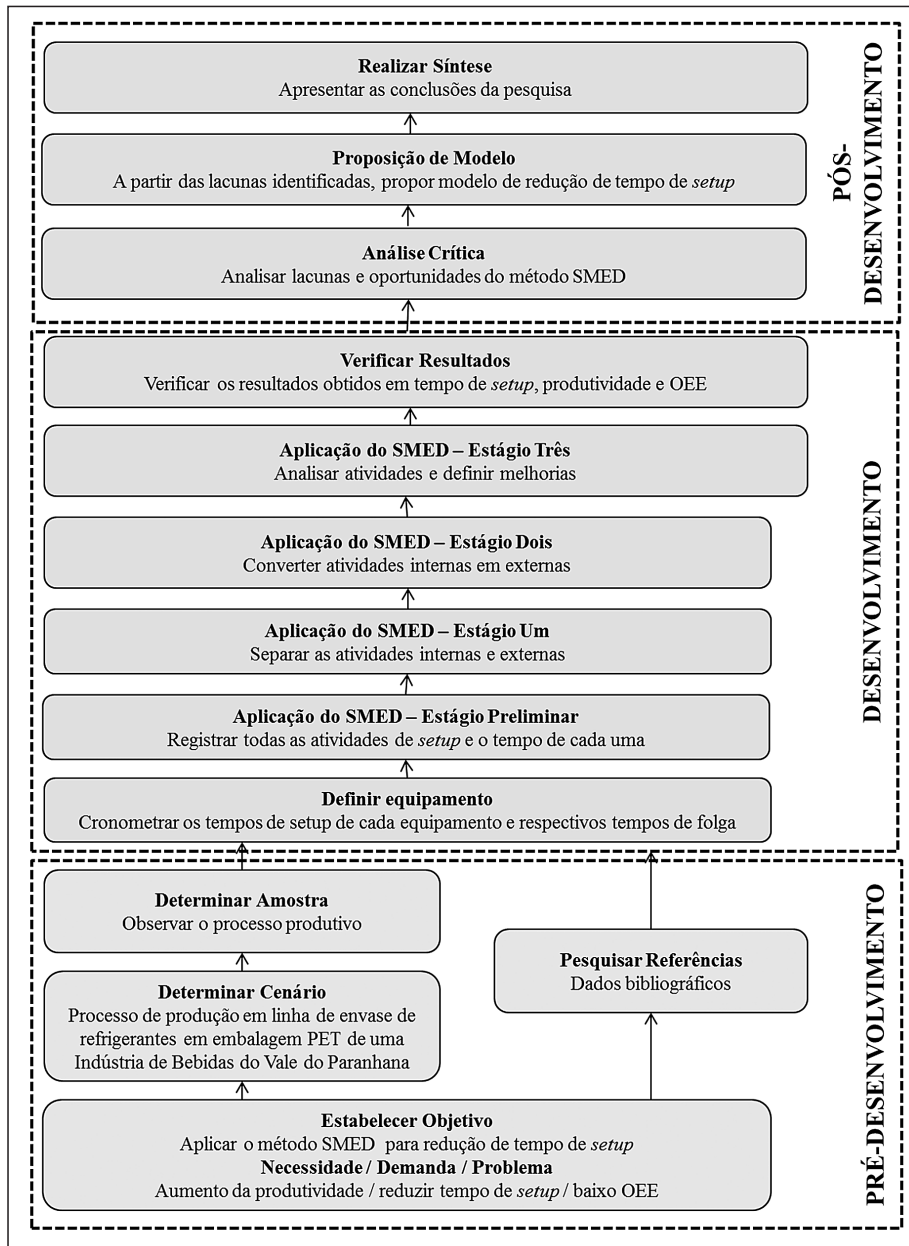
O local onde foi realizado o estudo de caso é a linha de refrigerante PET, que envasa diversos sabores de refrigerantes nos formatos de 250ml e 2000ml. Os equipamentos que necessitam de *setup* na linha e suas respectivas funções são: (i) sopradora: realiza o aquecimento das pré-formas de PET e o sopro nos moldes de 250ml ou 2000ml para a formação da garrafa; (ii) rotuladora: responsável por rotular as garrafas; (iii) enchedora: realiza o enchimento das garrafas e o seu fechamento com tampas; (iv) embaladora: separa as garrafas nas quantidades corretas e realiza a formação dos pacotes de 6 unidades para garrafas de 2000ml e de 12 unidades para garrafas de 250ml; (v) paletizadora: realiza a formação das camadas, o empilhamento e envolvimento dos paletes.

3.2 Procedimentos Metodológicos

Os resultados apresentados, este artigo foram obtidos a partir de uma pesquisa de natureza aplicada e exploratória. De acordo com Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa de natureza aplicada procura produzir conhecimentos para uma aplicação prática e são dirigidos a solucionar problemas específicos de um processo e que possam ser de fácil aplicação. Conforme Jung (2004), as pesquisas exploratórias têm como objetivo estudar problemas a fim de descobrir novas práticas, melhorias de processos ou produtos e coleta de dados que possam ser utilizados para o desenvolvimento de novos modelos.

Quanto aos procedimentos, esse artigo caracteriza-se como estudo de caso único com abordagem quantitativa e qualitativa. De acordo com Jung (2004), o procedimento de pesquisa de estudo de caso único estuda, explica ou descreve um sistema de produção particular, e a abordagem qualitativa possui como características a subjetividade, síntese, raciocínio dialético e indutivo, busca de particularidades e preocupa-se com a qualidade. Conforme Creswell (2007), o modelo de abordagem quantitativa requer a utilização de lógica, relações de causa e efeito, dados numéricos, coleta de dados e uso da estatística para solução de problemas. O método de trabalho utilizado para desenvolvimento da pesquisa pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 - Método de trabalho



Fonte: Adaptado de Jung (2004).

4 Estudo aplicado

4.1 Definição do equipamento

Para definição do equipamento de aplicação do estudo de caso, foi realizada a verificação dos tempos de *setup* do formato de 250ml para 2000ml de todos os equipamentos da linha de produção. Durante esse procedimento, foram verificados os horários em que foram produzidas as últimas garrafas do produto anterior em cada equipamento e o horário de produção da primeira garrafa do novo produto em velocidade nominal. A partir desses dados, foi possível verificar o tempo de *setup* de cada equipamento e os respectivos tempos de folga, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Cronometragem dos tempos de setup

Equipamento	Tempo de <i>setup</i>	Tempo de folga
Sopradora	73 minutos	90 minutos
Rotuladora	68 minutos	85 minutos
Enchedora	76 minutos	70 minutos
Embaladora	146 minutos	0 minutos
Paletizador	35 minutos	95 minutos

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Como pode ser visto na Tabela 1, a embaladora foi o equipamento com maior tempo de *setup*, com um total de 146 minutos entre a última garrafa do produto anterior e a primeira do novo produto, trabalhando com nenhuma folga durante o *setup* da linha. O tempo total de troca da linha foi de 163 minutos. A diferença entre o tempo da linha para o tempo do equipamento deve-se ao fato de os equipamentos da linha de produção serem interligados por meio de transportes de garrafas, fazendo com que a linha trabalhe de maneira contínua. Dessa maneira, após a parada do primeiro equipamento da linha de produção, o último equipamento irá parar 25 minutos depois. No caso da embaladora, esse tempo é de 17 minutos.

O *setup* da linha acaba acarretando atrasos na produção devido ao tempo de *setup* hipotético utilizado para a programação de produção ser de 90 minutos. Conforme verificado na cronometragem, a embaladora trabalha com folga zero, influenciando diretamente no excedente do tempo de *setup* e na capacidade da linha. Devido a essas características, a embaladora é considerada o CCR desse sistema produtivo, sendo o alvo da aplicação do SMED.

4.2 Aplicação do SMED

4.2.1 Estágio preliminar

Nesse estágio de implantação do método SMED, foi realizado o mapeamento de todas as atividades realizadas pelo operador para a realização do *setup* da embaladora

e os tempos de cada atividade foram cronometrados. Essa cronometragem totalizou um tempo de 146 minutos em 21 atividades. As atividades executadas e o tempo de cada uma delas podem ser vistos na Tabela 2.

Tabela 2 - Procedimento de *setup* antes da aplicação do SMED

Nº	Atividade	Início	Final	Duração	Tempo Interno	Tempo Externo
1	Separar as chaves necessárias para <i>setup</i>	00:00:00	00:02:00	00:02:00	00:02:00	-
2	Buscar garrafas testes	00:02:00	00:04:00	00:02:00	00:02:00	-
3	Ajuste dos guias do transporte de garrafas	00:04:00	00:07:00	00:03:00	00:03:00	-
4	Ajuste dos guias de entrada (10 guias)	00:07:00	00:45:00	00:38:00	00:38:00	-
5	Ajuste das aletas	00:45:00	00:58:00	00:13:00	00:13:00	-
6	Ajuste no classificador pneumático	00:58:00	01:16:00	00:18:00	00:18:00	-
7	Ajuste dos guias centrais da embaladora	01:16:00	01:23:00	00:07:00	00:07:00	-
8	Ajuste no sensor de leitura do filme	01:23:00	01:29:00	00:06:00	00:06:00	-
9	Troca e cálculo do programa	01:29:00	01:34:00	00:05:00	00:05:00	-
10	Afrouxar regulador de guias	01:34:00	01:35:00	00:01:00	00:01:00	-
11	Colocar a cadeia empurradora no ponto zero	01:35:00	01:40:00	00:05:00	00:05:00	-
12	Desacoplar regulador da mesa	01:40:00	01:42:00	00:02:00	00:02:00	-
13	Colocar cadeia de envolvimento ponto zero	01:42:00	01:48:00	00:06:00	00:06:00	-
14	Pegar varandas de 250 ml	01:48:00	01:50:00	00:02:00	00:02:00	-
15	Trocar posição de varandas	01:50:00	01:54:00	00:04:00	00:04:00	-
16	Pegar filme para 250 ml	01:54:00	02:04:00	00:10:00	00:10:00	-
17	Trocar filme de 2 litros para 250 ml	02:04:00	02:08:00	00:04:00	00:04:00	-
18	Testar máquina	02:08:00	02:12:00	00:04:00	00:04:00	-
19	Organizar chaves usadas no <i>setup</i>	02:12:00	02:15:00	00:03:00	00:03:00	-
20	Organizar insumos da produção anterior	02:15:00	02:18:00	00:03:00	00:03:00	-
21	Limpeza do equipamento	02:18:00	02:26:00	00:08:00	00:08:00	-
TOTAL				02:26:00	02:26:00	00:00:00

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

4.2.2 Estágio 1

Esse estágio tem como finalidade separar as atividades da etapa anterior entre as que foram realizadas de maneira interna das realizadas de forma externa. Conforme pode ser visto na Tabela 2, no caso estudado, todas as 21 atividades foram realizadas no tempo em que o equipamento estava parado, ou seja, todo o *setup* foi realizado como tempo interno.

4.2.3 Estágio 2

O objetivo dessa etapa é analisar todas as atividades de *setup* e identificar quais podem ser realizadas de maneira externa, reduzindo o tempo de equipamento parado. Essa análise foi realizada em conjunto com a equipe operacional e como resultado foi possível transferir 6 atividades internas para externas, obtendo-se uma redução de 22 minutos no tempo de equipamento parado, conforme pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3 - Atividades transformadas em externas

Nº	Atividade	Duração
1	Separar as chaves necessárias para <i>setup</i>	00:02:00
2	Buscar garrafas testes	00:02:00
14	Pegar varandas de 250 ml	00:02:00
16	Pegar filme para 250 ml	00:10:00
19	Organizar chaves usadas no <i>setup</i>	00:03:00
20	Organizar insumos da produção anterior	00:03:00
TOTAL		00:22:00

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

4.2.4 Estágio 3

Na última etapa de implantação do método SMED, todas as atividades foram analisadas com o objetivo de identificar oportunidades de melhorias no *setup*, levando em consideração as oito técnicas propostas pelo método. No caso estudado, essa análise foi realizada no formato de *brainstorming* junto com a equipe de operação e manutenção, quando foram levantadas ideias a partir do ECRS, que busca eliminar atividades, combinar atividades paralelas, reduzir o tempo das atividades ou simplificar sua execução. A equipe de trabalho definiu as ações a serem implantadas para cada atividade, conforme visto na Tabela 4.

Tabela 4 - Melhorias nas atividades de *setup*

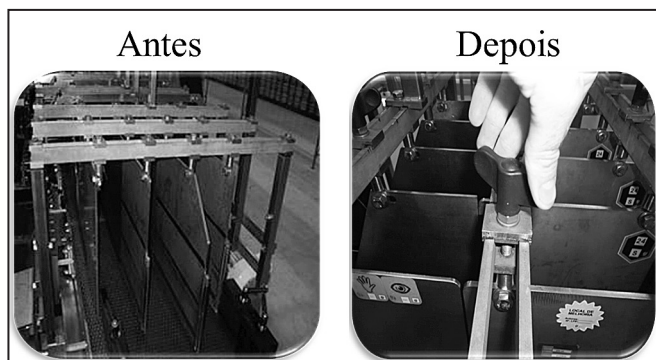
Nº	Atividade	ECRS	Ação
1	Separar as chaves necessárias para <i>setup</i>	Eliminar	Trocar todos os parafusos por manípulos, eliminando a necessidade de ferramentas
2	Buscar garrafas testes	Eliminar	Realizar marcações visuais no equipamento para eliminar os testes
3	Ajuste dos guias do transporte de garrafas	Reduzir	Trocar os parafusos de fixação por manípulos e fazer marcação na posição correta para os dois formatos
4	Ajuste dos guias de entrada (10 guias)	Reduzir	Trocar os parafusos de fixação por manípulos e fazer marcação na posição correta para os dois formatos
5	Ajuste das aletas	Reduzir	Trocar os parafusos de fixação por manípulos e fazer marcação na posição correta para os dois formatos
6	Ajuste no classificador pneumático	Reduzir	Trocar os parafusos de fixação por manípulos e fazer marcação na posição correta para os dois formatos
7	Ajuste dos guias centrais da embaladora	Reduzir	Trocar os parafusos de fixação por manípulos e fazer marcação na posição correta para os dois formatos
8	Ajuste no sensor de leitura do filme	Reduzir	Trocar os parafusos de fixação por manípulos e fazer marcação na posição correta para os dois formatos
9	Troca e cálculo do programa	Combinar	Iniciar a troca do programa no início do <i>setup</i> e enquanto isso realizar as atividades 3 e 4
10	Afrouxar regulador de guias	Reduzir	Trocar os parafusos de fixação por manípulos e fazer marcação na posição correta para os dois formatos
11	Colocar a cadeia empurradora no ponto zero	Simplificar	Identificação visual ponto zero da cadeia empurradora
12	Desacoplar regulador da mesa de envolvimento	Simplificar	Identificação visual do sentido correto para desacoplar
13	Colocar a cadeia de envolvimento no ponto zero	Simplificar	Identificação visual do ponto zero da cadeia de envolvimento
14	Pegar varandas de 250 ml	Reduzir	Definir local próximo ao equipamento para guarda das varandas
15	Trocar posição de varandas de 2 litros para 250 ml	Reduzir	Identificação visual da posição correta para os dois formatos

(*Continua*)

Nº	Atividade	ECRS	Ação
16	Pegar filme para 250 ml	Reduzir	Definir local mais próximo ao equipamento para armazenar os filmes
17	Trocar filme de 2 litros para 250 ml	-	Sem ação
18	Testar máquina	Eliminar	Com os ajustes corretos nas marcações, não é necessário testar a máquina
19	Organizar chaves usadas no <i>setup</i>	Eliminar	Não serão mais utilizadas ferramentas no <i>setup</i>
20	Organizar insumos da produção anterior	-	Sem ação
21	Limpeza interna do equipamento	-	Sem ação

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

As atividades 20 e 21, relacionadas à organização dos insumos e à limpeza interna do equipamento, não foram alvo de ações, pois são procedimentos padrão definidos pela empresa. Na Figura 4, pode-se ver um exemplo de ação executada referente à atividade 4 da Tabela 4, em que foram trocados 32 parafusos dos guias de entrada por manípulos, reduzindo o *setup* dessa atividade em 33 minutos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

5 Análise e discussão dos resultados

5.1 Tempos de *Setup*

As ações de melhorias definidas no estágio três foram planejadas e executadas com mão de obra interna da empresa e materiais de baixo custo. Após a conclusão de todas as ações, foi realizada uma nova cronometragem das atividades de *setup* da embaladora, conforme visto na Tabela 5.

Tabela 5 - Setup após as melhorias

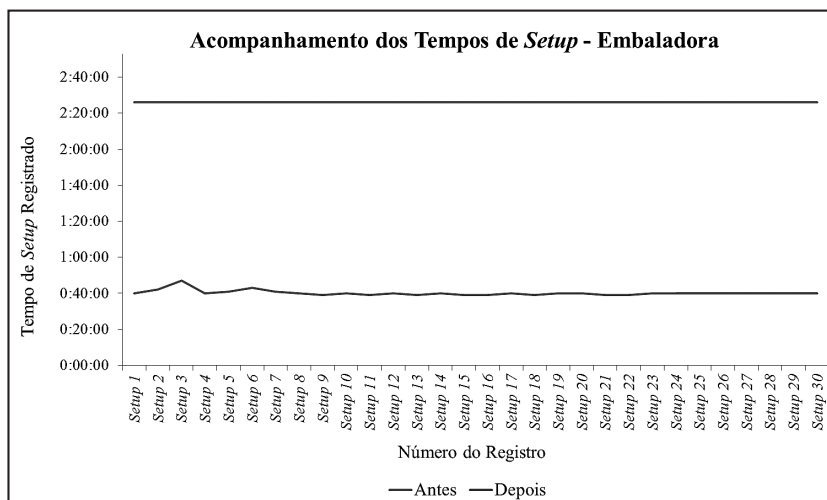
Nº	Atividade	Início	Final	Duração	Tempo Interno	Tempo Externo
1	Troca e cálculo do programa	00:00:00	00:05:00	00:05:00	-	-
2	Ajuste dos guias do transporte de garrafas	00:00:00	00:02:00	00:02:00	00:02:00	-
3	Ajuste dos guias de entrada	00:02:00	00:07:00	00:05:00	00:05:00	-
4	Ajuste das aletas	00:07:00	00:10:00	00:03:00	00:03:00	-
5	Ajuste no classificador pneumático	00:10:00	00:14:00	00:04:00	00:04:00	-
6	Ajuste dos guias centrais da embaladora	00:14:00	00:15:00	00:01:00	00:01:00	-
7	Ajuste no sensor de leitura do filme	00:15:00	00:16:00	00:01:00	00:01:00	-
8	Afrouxar regulador de guias	00:16:00	00:17:00	00:01:00	00:01:00	-
9	Colocar a cadeia empurradora no ponto zero	00:17:00	00:19:00	00:02:00	00:02:00	-
10	Desacoplar regulador mesa de envolvimento	00:19:00	00:20:00	00:01:00	00:01:00	-
11	Colocar cadeia envolvimento no ponto zero	00:20:00	00:21:00	00:01:00	00:01:00	-
12	Pegar varandas de 250 ml	00:21:00	00:22:00	00:01:00	-	00:01:00
13	Trocar posição de varandas	00:22:00	00:23:00	00:01:00	00:01:00	-
14	Pegar filme para 250 ml	00:23:00	00:25:00	00:02:00	-	00:02:00
15	Trocar filme de 2 litros para 250 ml	00:25:00	00:29:00	00:04:00	00:04:00	-
16	Organizar insumos da produção anterior	00:29:00	00:32:00	00:03:00	-	00:03:00
17	Limpeza do equipamento	00:32:00	00:40:00	00:08:00	00:08:00	-
TOTAL				00:40:00	00:34:00	00:06:00

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

O tempo total de *setup* foi reduzido para 40 minutos, sendo 34 minutos de tempo interno e 6 minutos de tempo externo. A atividade 1 da tabela acima foi realizada de ma-

neira combinada com as atividades 2 e 3, por isso seu tempo foi considerado nulo. Para monitoramento do resultado, foram coletados os tempos de 30 *setups* após a conclusão das ações. O resultado desse monitoramento pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 - Tempo de *setup* – Antes X Depois



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

5.2 Produtividade

A redução no tempo de *setup* da embaladora acarretou uma redução de 78 minutos no tempo total de *setup* da linha de produção. Antes do trabalho, o tempo total de *setup* era de 163 minutos e, após a aplicação do SMED, esse tempo foi reduzido para 85 minutos.

Conforme visto no estudo aplicado, o tempo hipotético de *setup* utilizado na programação da linha de produção é de 90 minutos. Com a redução do tempo total de *setup* da linha para um número menor do que o hipotético, a embaladora deixou de ser um CCR e a linha passou a trabalhar sem atrasos.

A linha de produção realiza em média sete *setups* por mês. Considerando a redução de 78 minutos por *setup* da linha, obteve-se uma redução de 546 minutos de tempo de *setup* por mês, o que possibilita uma produção adicional de 91.000 garrafas por mês. Caso exista demanda no mercado para essa produção adicional, a empresa pode obter um aumento de aproximadamente R\$ 273.000,00 no seu faturamento mensal.

5.3 OEE

Outro ganho obtido com a aplicação do método SMED foi o aumento do OEE do equipamento. Para o cálculo e a verificação da evolução desse indicador, foram coletados os dados necessários da embaladora de cinco meses, conforme visto na Tabela 6.

Tabela 6 - Coleta de dados para cálculo do OEE

Dados	Mês um	Mês dois	Mês três	Mês quatro	Mês cinco
Paradas Planejadas	534,74	505,53	591,06	533,38	473,61
Quebras/Falhas	0,70	5,90	2,95	5,87	4,10
Ajustes	1,58	0,95	1,67	4,25	3,33
Setups e CIP's	19,50	10,25	4,03	4,60	4,60
Pequenas Paradas	0,43	0,90	0,17	0,33	0,87
Qualidade (horas)	0,00	0,00	0,25	0,20	0,00
Retrabalho (horas)	0,76	0,33	0,50	0,25	0,17
Qualidade (peças)	0	0	2.500	2.000	0
Retrabalho (peças)	7.600	3.300	5.000	2.500	1.700
Peças produzidas (garrafas)	1.530.600	2.025.500	1.141.764	1.840.218	2.412.138
Tempo Standard (peç/hora)	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Tempo Programado	185,26	238,47	128,94	210,62	270,39
Tempo Operacional	163,48	221,37	120,29	195,90	258,36
Disponibilidade	88,2%	92,8%	93,3%	93,0%	95,6%
Performance	93,6%	91,5%	94,9%	93,9%	93,4%
Qualidade	99,5%	99,8%	99,3%	99,8%	99,9%
OEE	82,2%	84,8%	87,9%	87,2%	89,2%

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

As ações de melhoria para redução do tempo de *setup* foram realizadas durante o mês dois, quando as perdas de *setup* reduziram 47%, aumentando em 4,6% o índice de disponibilidade do equipamento e em 2,6% o OEE. Com as ações totalmente concluídas, as perdas de *setup* tiveram uma redução de 79%, com um aumento da disponibilidade de 5,1% e com 5,7% de acréscimo no OEE, superando o valor de 85%, considerado ideal por Nakajima (1993) e chegando ao resultado de 89,2% nos meses subsequentes.

5.4 Análise crítica das lacunas do método SMED e aperfeiçoamentos

A eficiência do método SMED e a sua capacidade de redução de tempo de *setup* ficaram evidentes após a conclusão dos quatro estágios da ferramenta no caso estudado. Apesar disso, foi verificada a existência de aspectos importantes não considerados no método de Shingo.

Sugai, McIntosh e Novaski (2007) levantaram, a partir de um estudo de caso, três aspectos importante do *setup* não considerados no SMED: (i) interferência da sequência de peças: Shingo não orienta ou alerta sobre a importância da sequência, correndo o risco de fixar um tempo generalizado para quaisquer tipos de *setup*; (ii) perdas durante os períodos de desaceleração e aceleração: para alguns equipamentos, a recuperação

da capacidade produtiva não é plena, exatamente, ao fim das atividades de *setup* e nem mesmo após a produção da primeira peça boa do lote seguinte; (iii) melhorias em projeto (*design for changeover*): as melhorias em projeto de máquinas, equipamentos e dispositivos para melhorar a atividade de redução do tempo de *setup*, embora mais demorado e com custo maior, podem simplificar, acelerar ou eliminar as atividades de ajustes durante o *setup*.

No estudo de caso apresentado neste trabalho, a interferência da sequência de peças não influenciou na implantação do SMED, pois, no equipamento estudado, são produzidos apenas dois produtos e o procedimento de *setup* é o mesmo, independente da sequência. As perdas de aceleração e desaceleração também não influenciaram no desenvolvimento do trabalho, já que o equipamento opera em velocidade nominal tanto no início quanto no final da produção.

O terceiro aspecto levantado pelos autores, referente às melhorias em projetos, ficou evidente no resultado e nas ações do trabalho realizado, em que ações simples, como a troca de parafusos por manípulos e a gestão visual de posição de guias, resultaram em uma relevante redução no tempo de *setup*. Porém, percebeu-se a necessidade de melhorias de projeto no sistema de separação de garrafas para atingir o único dígito de minuto proposto pelo método, o que demandaria um alto investimento para a empresa.

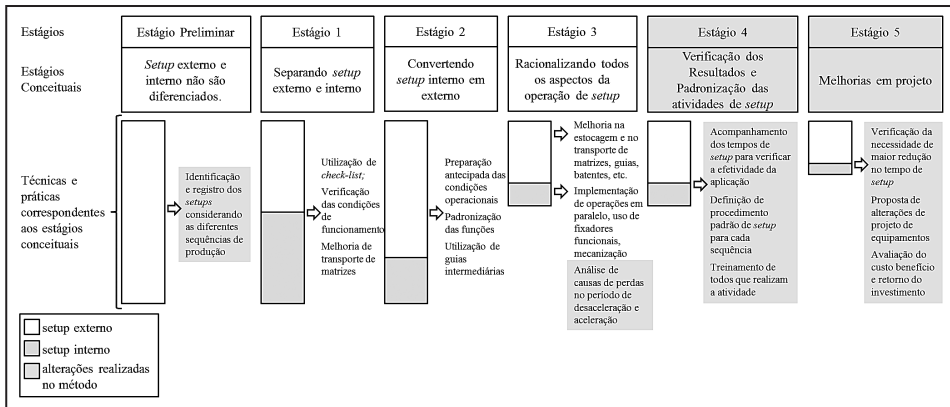
Além dos aspectos observados pelos autores citados, o desenvolvimento do trabalho identificou duas lacunas na metodologia que podem ser aperfeiçoadas no SMED, somando-se aos estudos de Sugai, McIntosh e Novaski (2007):

a) Verificação e acompanhamento dos resultados: a metodologia não possui uma etapa de verificação de resultados necessária para monitorar os resultados de tempo de *setup* ao longo de um determinado período para garantir a manutenção do resultado. No trabalho realizado, foi verificado que o monitoramento é fundamental para garantir a continuidade das melhorias desenvolvidas e a efetividade das mesmas;

b) Padronização das atividades: durante a verificação dos tempos de *setup*, percebeu-se que havia uma oscilação de resultados, dependendo do operador que executava a tarefa. Apesar das melhorias realizadas no equipamento, a sequência de execução das atividades e o método empregado em cada uma delas influenciam diretamente no tempo de *setup* do equipamento. Devido a isso, torna-se necessário que exista, na metodologia, uma etapa destinada à padronização da atividade e ao treinamento de todos os envolvidos, garantindo a sustentabilidade do resultado.

Dessa maneira, a partir de Shingo (1996), foi proposto um método que contempla tanto as lacunas já identificadas na literatura quanto as lacunas evidenciadas nesta pesquisa. O modelo proposto para redução do tempo de *setup* pode ser visto na Figura 6.

Figura 6 - Método proposto para redução do tempo de *setup*



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

No método proposto, foi incluída a verificação da interferência da seqüência de peças no estágio preliminar e a análise das perdas de aceleração e desaceleração no estágio três. Além disso, propõe-se o desenvolvimento de dois estágios adicionais: o estágio quatro, destinado à verificação dos resultados e à padronização das atividades, e o estágio cinco, destinado à verificação da necessidade de implantação das melhorias de projeto.

6 Conclusões

Este artigo apresentou os resultados de uma pesquisa exploratória que teve o objetivo de aplicar o método SMED para redução do tempo de *setup* e analisar as lacunas encontradas no método. A metodologia utilizada para a realização deste trabalho foi quantitativa e qualitativa. Foi aplicado o método SMED em uma linha de envase e, com base nas observações realizadas e nos resultados alcançados, foram verificadas as lacunas existentes no método proposto por Shingo.

O resultado atingido no estudo de caso, quanto ao tempo de *setup* e consequente aumento de OEE e produtividade, são satisfatórios, já que, a partir do desenvolvimento do método, obteve-se uma redução de 72,6% no tempo de *setup* do equipamento, elevando o OEE de 82,2% para 87,9%. Apesar disso, a aplicação do método não possibilitou o atingimento do tempo em um único dígito de minuto, considerado o objetivo do método proposto por Shingo. O não atingimento desse resultado pode estar ligado às lacunas identificadas no método.

O desenvolvimento deste trabalho permitiu analisar e verificar a existência de aspectos importantes não considerados no SMED já levantados por outros autores e também possibilitou a identificação de mais duas lacunas existentes no método. As contribuições que o método trouxe para melhorias em tempo de *setup* são inquestionáveis.

veis, porém, a metodologia de Shingo foi publicada para o Ocidente em 1985 e continua sendo utilizada da mesma maneira em muitas empresas. Apesar de trazer resultados significantes, o método original possui algumas lacunas que, se preenchidas, podem potencializar e ampliar os resultados alcançados.

A partir deste estudo, foi possível identificar que mesmo métodos tradicionais como o SMED precisam ser estudados e melhorados a fim de acompanhar a constante mudança e evolução das organizações. A partir dos dados coletados neste trabalho e das análises realizadas, foi proposto um novo método para redução do tempo de *setup*, considerando tanto as lacunas observadas neste estudo aplicado quanto as observadas por outros autores. Contudo, são necessárias novas pesquisas em que o método seja aplicado em indústrias de outros segmentos, a fim de verificar se todas as lacunas foram preenchidas, já que aspectos levantados por Sugai, McIntosh e Novaski (2007), como a interferência da sequência de peças e as perdas durante o período de desaceleração e aceleração, não influenciaram no estudo aplicado neste trabalho.

Referências

ANTUNES, J. *et al.* *Sistemas de Produção: conceitos e práticas para projetos e gestão da produção enxuta*. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ANTUNES, J. A. V.; RODRIGUES, L. H. A Teorias das Restrições como Balizadora das Ações Visando a Troca Rápida de Ferramentas. *Produção*, v. 3, n. 2, p. 73-85, 1993.

BACCI, M. D. N.; SUGAI, M.; NOVASKI, O. Proposta de modelo de tomada de decisão para aplicação da metodologia SMED. *Anais. XII SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção*. Bauru, 2005.

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.

CAMPANINI, H. C. *et al.* Manufatura Enxuta para melhoria contínua da eficiência empresarial: Uma aplicação da Troca Rápida de Ferramentas e Kanban em uma empresa fabricante de eletrodomésticos. *Anais. XXXIII ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Salvador, 2013.

CAS, F. *et al.* Redução do tempo de setup através do sistema de Troca Rápida de Ferramentas (TRF): Estudo de caso em uma empresa farmacêutica. *Anais. XX SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção*. Bauru, 2013.

CECHECK, L. A. *et al.* Implantação dos conceitos de TRF em uma empresa do setor de plásticos. *Anais. XIX SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção*. Bauru, 2012.

CORREIA, B. R. B. *et al.* Proposta de implantação do método SMED em um processo de injeção termoplástica: um estudo de caso. *Anais. XVII SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção*. Bauru, 2010.

COSTA, A. H.; LIMA, J. F. G.; GOMES, M. L. B. Redução do tempo de setup na produção de botas de PVC através da técnica TRF. *Revista Produção Online*, Florianópolis, v. 12, n. 1, p. 119-132, jan./mar. 2012.

CRESWELL, John W. *Projeto de Pesquisa: Métodos Qualitativo, Quantitativo e Mistos*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

GONÇALVES, M. F. S.; SOUZA, J. B. Aplicação da TRF - utilizando a ferramenta SMED, para aumentar a produtividade em uma linha de produção de torres para linhas de transmissão de energia elétrica. *Anais. XXXIII ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Salvador, 2013.

JUNG, C. F. *Metodologia Para Pesquisa & Desenvolvimento: Aplicada a Novas Tecnologias, Produtos e Processos*. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2004.

KANZAWA, C. T. *Aplicação do SMED em uma indústria farmacêutica*. 2006. 142 f. Trabalho de Formatura (Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

KING, N. C. O.; LIMA, E. P.; COSTA, S. E. G. Produtividade sistêmica: conceitos e aplicações. *Produção*, v. 24, n. 1, p. 160-176, jan./mar. 2014.

LEAL, A. A. *et al.* Integração entre sistemas de Gestão: Um Estudo de Caso da fábrica Suape da Unilever. *Anais. XIX SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção*. Bauru, 2012.

LEÃO, S. R. D. C. Aplicação da troca rápida de ferramentas (TRF) em Intervenções de manutenção preventiva. *Revista Produção Online*, Florianópolis, v. 9, n. 1, 2009.

LIKER, J. K. *O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LOPES, P. F.; LOPES, P. S. E.; MORAES, F. A. Estudo de caso de implementação de troca rápida de ferramenta em uma empresa calçadista *Anais. XXVII ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Foz do Iguaçu, 2007.

MARCOUSÉ, I.; SURRIDGE, M.; GILLESPIE, A. *Gestão de Operações*. São Paulo: Saraiva, 2013.

MATOS, F. J. F. Utilização da ferramenta SMED em rotinas de manutenção preventiva: Estudo de Caso. *Anais. XIX SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção*. Bauru, 2012.

MOELLMANN, A. H. *et al.* Aplicação da teoria das restrições e do indicador de Eficiência global do equipamento para melhoria de Produtividade em uma linha de fabricação. *Revista Gestão Industrial*, Ponta Grossa, v. 2, n. 1, p. 89-105, 2006.

NAKAJIMA, S. *Introduction to TPM, Productivity Press*. Cambridge: MA, 1993.

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

PONTES, H. L. J. *et al.* Implantação de troca rápida de ferramentas para melhoria do desempenho do setor de empacotamento de uma fábrica de café. *Anais. XIV SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção*. São Carlos, 2007.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. *Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico*. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAPOSO, C. F. C. Overall Equipment Effectiveness: Aplicação em uma empresa do setor de bebidas do Poló Industrial de Manaus. *Revista Produção Online*, Florianópolis, v. 11, n.3, p. 648-667, jul./set. 2011.

RECH, G. C. *Dispositivos visuais como apoio para a troca rápida de ferramentas: A experiência de uma metalúrgica*. 2004. 107 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

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. *Revista Gestão & Produção*, São Carlos, v. 17, n. 3, p. 579-588, 2010.

REZENDE, G. G.; REBELO, L. M. B. Processo de implementação de Troca Rápida de Ferramentas (TRF) em empresa do segmento eletro-eletrônico no Polo Industrial de Manaus (PIM). *Anais. XVI SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção*. Botucatu, 2009.

SANTOS *et al.* Teoria das Restrições e Troca Rápida de Ferramentas: Um estudo de caso em uma estamparia. *Anais. XIX SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção*. Bauru, 2012.

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.

SHINGO, S. *O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da Engenharia de Produção*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, A. C. *et al.* Troca Rápida de Ferramentas: Um estudo da aplicação no setor de serigrafia em uma indústria de confecção. *Anais. XXXIII ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Salvador, 2013.

SILVA, M. M. *et al.* Um estudo sobre a implementação do TPM (Total Productive Maintenance) e seus resultados. *Anais. XXXIII ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Salvador, 2013.

SLACK, N. *et al.* *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas, 1996.

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

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. *Manutenção Produtiva Total*. São Paulo: Instituto IMAM, 1993.