

Redução do tempo de *setup* por meio da técnica *single minute exchange of die* em empresa do setor de linha branca

Setup time reduction of a manufacturing white line using single minute exchange of die technique

Patrick Feitosa Vilela¹

Mônica Cavalcanti Sá de Abreu²

Claúdio Bezerra Leopoldino³

1 Analista de processos indústrias na M. Dias Branco Indústria e Comércio, Administrador de Empresas pela Faculdade de Economia, Administração, Atuárias e Contabilidade (FEAAC) da Universidade Federal do Ceará
Universidade Federal do Ceará
patrick_vilela789@hotmail.com

2 Bolsista de Produtividade ID do CNPq; Professora Associado III da Universidade Federal do Ceará - Faculdade de Economia, Administração, Atuárias e Contabilidade - FEAAC. Pós-Doutorado em Industrial Manufacturing - University of Cambridge - Institute for Manufacturing (IfM) - Doutorado em Engenharia de Produção (UFSC), Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos (EQ/ UFRJ), Graduação em Engenharia Química (UFC)
Universidade Federal do Ceará
mabreu@ufc.br

3 Professor Adjunto da Universidade Federal do Ceará; Doutorado em Administração pela Universidade Federal da Bahia, Mestrado em Administração pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Graduação em Ciências da Computação pela UFC.
Universidade Federal do Ceará
claudio.leopoldino@gmail.com

Resumo

O artigo apresenta a redução do tempo de *setup* por meio da aplicação da técnica *Single Minute Exchange of Die* (SMED), em uma empresa do setor de linha branca. A pesquisa foi desenvolvida por meio de entrevistas aos funcionários e acesso aos dados de produção, extraídos do sistema informatizado a empresa. O estudo de caso avaliou as atividades do *setup* da prensa do setor de estamparia de uma linha de montagem de fogões. Os resultados da pesquisa mostram as fases de implantação da técnica SMED, com avaliação das atividades de *setup* interno e *setup* externo; a conversão de *setup* interno em externo, e a padronização das atividades de preparação, as quais foram executadas como *setup* externo. Os ganhos obtidos com a redução do tempo de *setup* comprovam o uso da técnica SMED na melhoria da eficiência e aumento da capacidade produtiva.

Palavras-chave: Virada de produção. Troca Rápida de Ferramentas. Período de Aceleração. Sistema Toyota de Produção.

Abstract

This paper presents the reduction of setup by applying the Single Minute Exchange of Die (SMED) technique to a white-line company. The research was developed through interviews with employees and access to production data, extracted from the computerized system to the company. The case study evaluated the press setup activities of the stamping sector of a stove assembly line. The results show the phases of SMED technique implementation, evaluation of internal setup and external setup activities; conversion of internal setup to external, and standardization of preparation activities, which can be performed as external setup. The gains obtained with the reduction of setup time prove the use of the SMED technique in improving efficiency and increasing production capacity.

Keywords: Changeover. SMED. Setup. Toyota Production System.

1 Introdução

A crise de endividamento dos Estados Unidos abalou a economia brasileira. Em 2013, uma das medidas do Governo Federal envolveu o incentivo ao aumento do consumo de eletrodomésticos, por meio da redução do imposto sobre produto industrializado (IPI). Segundo dados da JusBrasil (2013), para o item máquina de lavar, a redução do IPI foi de 20% para 10%, para refrigeradores a redução foi de 15% para 5%, tanquinhos e fogões ficaram isentos de IPI.

A renúncia fiscal teve efeitos positivos no consumo. A Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletrônicos – ELETROS (2013) comprova que entre 2006 e 2013, o índice de penetração de fogões aumentou de 53.348.000 para 64.323.000 e de refrigeradores subiu de 48.711.000 para 63.315.000. A estratégia de produção da indústria de linha branca incluía ampliar a capacidade produtiva, sem realizar investimentos financeiros em equipamentos e novas plantas. As empresas entendiam que a redução de IPI criava uma condição favorável ao consumo, mas que não seria sustentável no longo prazo.

Aumentar o desempenho operacional apresentava-se como uma alternativa para aumentar a capacidade de produção. Neste sentido, as empresas poderiam adotar o Sistema Toyota de Produção (STP). O STP foi criado por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, em 1950, e toma por base a produção em pequenos lotes, redução do estoque, melhoria da qualidade dos processos e produtos, e manutenção preventiva. STP estabelece que a produção e a entrega dos bens deve ser realizada apenas no momento em que forem necessários (Mulla, Bhatwadekar & Pandit, 2014).

Outra possibilidade de intervenção para melhorar o desempenho operacional pode ser o direcionamento para o aumento da flexibilidade (Jabbour, Teixeira, Freitas & Jabbour, 2013).

O conceito de flexibilidade é multidimensional, desdobrando-se em diversas modalidades, que envolvem flexibilidade no lançamento de novos produtos, no *mix* de produtos, no volume de produção e na entrega de produtos. Sugai, Mcintosh e Novaski, (2007) alertam, no entanto, que aplicar a flexibilidade de produtos e trabalhar em pequenos lotes possuem um custo elevado, demandam tempo para serem desenvolvidos, consomem recursos humanos, financeiros e tecnológicos e exigem paradas na produção.

A manufatura enxuta utiliza conceitos oriundos do Sistema Toyota de Produção com foco na redução de estoques, custos, *lead time* e o consumo de materiais (Pinto, Torres Júnior & Torquato, 2016). Adotar técnicas de manufatura enxuta e customização de massa permitem que diversas indústrias ampliem sua produção de bens e serviços personalizados, reduzam seus custos de produção, e conseqüentemente, melhorem o desempenho operacional (Fogliatto, Silveira & Borenstein, 2012). Existem diversas técnicas, roteiros e práticas capazes de viabilizar os processos dentro do conceito da manufatura enxuta. A melhoria contínua, no contexto da manufatura enxuta, pode ser desenvolvida isoladamente ou com sustentação de programas de implantação em conjunto com técnicas de gestão da qualidade. Neste sentido, processos como o PDCA, *Six Sigma* e *Kaizen* apresentam potencial de contribuição substancial (Jabbour *et al.*, 2013; Scheller & Miguel, 2014).

A troca rápida de ferramentas, utilizando a técnica do *Single Minute Exchange of Die* (SMED), apresenta-se eficaz na aceleração dos processos de *setup* de equipamentos (Dave & Sohani, 2012; Gandhi & Singh, 2016; Moreira & Pais, 2011). Desenvolvido por Shigeo Shingo, ao longo de 19 anos, e descrita no livro *SMED – Revolution in Manufacturing*, esta técnica possibilita o ajuste rápido e eficiente dos maquinários. Shingo (1996) demonstrou que quanto maior for

o tempo de preparação de máquinas menor será o lote de produção. Desta forma, menor será o tempo remanescente de produção e maior será a ineficiência. Adotar a técnica de SMED possibilita, portanto, ganhos no tempo de produção, redução da geração de resíduos, eliminação de atividades que não agregam valor, e conseqüentemente, aumentam a produtividade (Sugai *et al.* 2007).

A empresa, objeto deste estudo, tem participação significativa no mercado nacional de fogões, bebedouros, refrigeradores, freezers, purificadores, lavadoras e *cooktops*, e ainda exporta seus produtos para mais de 50 países. Iniciou suas atividades operacionais em 1963, e atualmente, gera cerca de 3.600 empregos diretos. Apesar destes resultados favoráveis, em termos de mercado e emprego, a empresa apresentava baixa eficiência produtiva, decorrente, principalmente, de altos tempos de *setup*. Neste sentido, este estudo de caso responde a seguinte pergunta de pesquisa: *A aplicação da técnica SMED no setor de estamparia da fábrica de fogões pode melhorar a eficiência de processos, com ganhos financeiros, operacionais e organizacionais?*

O estudo comprova que a adoção das técnicas de SMED proporciona uma redução significativa nos custos de produção. Associadas às técnicas de gerenciamento da rotina de processos, a empresa estudada ampliou capacitação dos funcionários, gerou controles eficientes da produção, aumentou a produtividade, e conseqüentemente, melhorou os indicadores de produção. Pode-se afirmar que a técnica de SMED ofereceu melhorias no processo de produção de fogões, motivou a força de trabalho na solução de problemas e teve impactos positivos nos aspectos organizacionais e na capacidade de produção.

Sugai *et al.* (2007) reforçam a necessidade de realizar estudos em desempenhos diferenciados de sistemas produtivos, estudos de causas do período de aceleração e desaceleração, e gerar soluções

para minimizar perdas de produtividade. Satolo e Calarge (2008) indicam que, no segmento de eletrodomésticos, a redução do tempo de preparação das máquinas é um importante aspecto de ganho de competitividade e melhoria do desempenho organizacional.

Neste contexto, este artigo aborda a aplicação da técnica de SMED em uma empresa de linha branca. Na próxima seção, o referencial teórico mostra os estágios, benefícios e desafios relacionados com a diminuição do tempo de *setup*. Em seguida, na seção da metodologia são apresentados a empresa objeto de estudo e os passos realizados para a aplicação da técnica SMED. Os resultados estão subdivididos em análise das operações de *setup*, definição das atividades de *setup* interno e externo, e mudanças operacionais para a conversão de *setup* interno em *setup* externo. Finalizando, a seção de discussão apresenta os benefícios e dificuldades associados a técnica de SMED, e a conclusão confirma a utilidade desta ferramenta para competitividade de empresas da linha branca.

2 Entendendo os estágios, benefícios e desafios da Técnica SMED - *Single Minute Exchange of Die*

A atividade de *setup* pode ser definida como troca de ferramentas de maquinários da produção atual para uma produção posterior (Duarte Filho, Souza & Gontijo, 2016). Shingo (1996) afirma que o tempo de *setup* é o intervalo entre a fabricação da “última peça conforme” de um lote anterior até a fabricação da “primeira peça conforme” do lote seguinte. Moreira e Pais (2011) explicam que a técnica de *Single Minute Exchange of Die* (SMED) foi desenvolvida visando reduzir e simplificar o processo de *setup* durante a variação da produção (i.e. *changeover*). SMED é, portan-

to, uma inovação de processos, que torna possível responder as flutuações da demanda e resulta na redução do *lead times*.

O conjunto de operações necessárias para adoção da técnica SMED pode ser classificada em *setup* interno e *setup* externo. As atividades realizadas no *setup* interno exigem a interrupção do processo de fabricação, e somente podem ser executadas com os equipamentos desligados ou em reduzido ritmo de produção. As atividades realizadas no *setup* externo não interrompem a produção e podem ser realizadas com as máquinas em operação normal.

A técnica de *Single Minute Exchange of Die* (SMED) ocorre em estágios sucessivos. Sugai *et al.* (2007) orientam que, no estágio preliminar deve ser realizado um levantamento da duração e das atividades necessárias para a realização do *setup*. Este estágio oferece apenas os parâmetros de tempo inicial, e pode ser realizada por meio de cronometragem, estudo do método, entrevistas com operadores ou análise da filmagem da operação. Em seguida, no estágio 1 devem ser definidas, organizadas, classificadas e separadas as atividades típicas de *setups* interno e *setup* externo.

No estágio 2, as atividades de *setup* interno devem ser convertidas em *setup* externo. É necessário o reexame das operações para verificar se alguma operação tenha sido erroneamente alocada no estágio 1 como *setup* interno. Finalmente, no estágio 3, todos os aspectos da operação de *setup* devem ser padronizados e indicadores devem ser adotados para monitorar sua eficiência. Segundo Sugai *et al.* (2007), a melhoria sistemática de cada operação básica de *setup* interno e externo deve focar no *single digit minute*, ou seja, o *setup* em um único dígito. No entanto, Almomani, Aladeemy, Abdelhadim e Mumani (2013) reconhecem que o tempo de *setup* não é o único critério a ser adotado no processo de tomada de decisão. Devem ser considerados os custos

fixos e variáveis, o consumo de energia, o *layout* das instalações, a segurança, o tempo de vida dos equipamentos, a qualidade dos produtos e a frequência de facilidade das manutenções.

A técnica SMED difundiu-se e continua sendo empregado em diversos setores produtivos, associando-se à flexibilidade de manufatura e à utilização efetiva de processos enxutos de produção (Gandhi e Singh, 2016). Shinde, Jahagirdar, Sane e Karandikar (2014) reforçam que a crescente preocupação em reduzir a quantidade de resíduos também ampliou a necessidade de reduzir o tempo de *setup*. Almomani *et al.* (2013) ressaltam que a adoção de tecnologias para reduzir o *setup* requerem que os ganhos sejam maiores que os custos dos investimentos. No entanto, esta análise não pode se limitar apenas às justificativas econômicas e financeiras. Outros fatores devem ser considerados, os quais incluem: aumento da flexibilidade na linha de produção, capacidade do processo, utilização dos equipamentos e aumento da produtividade.

Satolo e Calarge (2008) mostram que os principais benefícios da técnica SMED envolvem a rápida resposta às variações do mercado (maior flexibilidade); possibilidade de produção em lotes pequenos; redução de custos e diminuição do *lead time*. Adicionalmente, podem ser destacadas como vantagens a redução de defeitos e retrabalhos; mudança na cultura organizacional e melhor utilização da área fabril. Dave e Sohani (2012) afirmam que a técnica de SMED pode ser aplicada em qualquer indústria, e Moreira e Garcez, (2013) relatam a aplicação de SMED em pequenas empresas.

Baseado em um estudo do processo de produção para a identificação dos gargalos, das atividades de *setup* e padronização das operações, Shinde *et al.* (2014) comprovou uma redução de 54% do tempo de *setup*. Em uma empresa automotiva, Deros *et al.* (2011) comprovaram que a redução do 54% e 47% do tempo *setup* em dois

processos gargalos das linhas de montagem de baterias automotivas, melhoraram a flexibilidade e o desempenho do sistema de produção. Outro caso, estudado por Moreira e Pais (2011), confirmou que a técnica SMED é capaz de reduzir a quantidade de resíduos e de atividades que não geram valor, e que os ganhos alcançaram 2% do total das vendas, em uma empresa fabricante de moldes.

Dave e Sohani (2012) identificaram a necessidade de um contínuo treinamento e comprometimento da alta direção para conseguir alcançar ganhos significativos com a técnica SMED. O uso de controles visuais, programas de gestão da qualidade, como o 5S, e técnicas de produção enxuta podem ampliar os resultados do SMED. Os ganhos envolvem melhorias mecânicas, organizacionais e nos procedimentos operacionais com redução de homens-hora nos processos.

3 Procedimentos metodológicos

3.1 Objeto de estudo

A pesquisa é essencialmente de natureza aplicada, pois tem o objetivo de gerar o conhecimento para aplicação prática, com vista à solução do problema na linha de produção de fogões de uma empresa de linha branca (Silva & Menezes, 2001). Quanto à abordagem do tema, a pesquisa possui características qualitativas e quantitativas. Também é caracterizada como descritiva, e foi operacionalizada como estudo de caso. O caráter descritivo manifesta-se pela necessidade de identificar e apresentar os procedimentos realizados na adoção da técnica SMED e os resultados obtidos (Marconi & Lakatos, 2010).

A empresa, objeto de estudo, fabrica produtos de linha branca, e apresentava baixa eficiência produtiva e altos tempos de *setup*. Em virtude do aumento da demanda, existia necessidade de aumentar o *mix* de produtos, produzir em lo-

tes menores e aumentar a capacidade produtiva. Em 2014, a alta gerência de empresa constituiu um grupo de melhoria para implantar a técnica SMED, com avaliação do histórico do problema, definiu metas de desempenho, avaliou a prioridade para a unidade de negócio, definiu os participantes e as restrições do projeto, e avaliou continuamente os resultados alcançados.

Participaram do projeto representantes da engenharia e manutenção industrial, engenharia e manutenção da fábrica de fogões e da gestão estratégica. De forma detalhada participaram do projeto: o gerente industrial, o coordenador da área industrial, o analista de processo, o supervisor da produção, três líderes da produção, três auxiliares (trocaadores de ferramentas e operadores de ponte rolante), três operadores de prensa e da produção. O nível gerencial patrocinava o o projeto e garantia investimentos necessários, o nível tático atuava no desenvolvimento da metodologia e o nível operacional era responsável pelo levantamento de dados e execução das ações. Ao total, o projeto envolveu em torno de 13 integrantes, os quais foram entrevistados em dezembro de 2014, quando as metas de redução do tempo de *setup* foram alcançadas.

3.2 Procedimentos de coleta de dados

A coleta de dados desta pesquisa envolveu, principalmente, a participação do analista de processo, o qual era responsável por garantir a correta aplicação da metodologia SMED, conduzir reuniões do *follow up* das ações e padronizar as melhorias. O registro de paradas de produção foi o ponto de partida do projeto. Este registro é realizado pelos operadores, utilizando-se de fichas de coleta de dados, que alimentam planilhas eletrônicas de controle e registro de produção. O procedimento de coleta de tempos de *setup* foi realizado por cronometragem e acompanhamento do processo realizado por líderes e encarregados de produção.

Diariamente, a empresa estudada realiza reuniões de análises e desdobramentos dessas paradas.

Inicialmente, a equipe envolvida foi treinada na técnica SMED e na Metodologia de Análise e Solução de Problemas (MASP). Na segunda etapa, foram definidas as metas a serem alcançadas com o projeto SMED. A alta direção definiu que o projeto seria implantando sem investimentos financeiros em inovação do produto ou em aquisição de nova tecnologia de fabricação de fogões. E finalmente, na terceira etapa foram desenvolvidos os procedimentos para a implantação da técnica SMED, com foco nas melhorias na conversão de atividades de *setup* interno em externo.

3.3 Procedimentos de análise de dados

As análises feitas sobre os dados recebidos envolveram procedimentos de cálculo para averiguar a duração da troca de equipamentos em produção e a economia eventualmente obtida através da técnica SMED. As atividades implementadas na empresa objeto de estudo foram realizadas nas seguintes fases: (a) Análise das operações de *setup* no chão de fábrica, registrando todo o processo e descrevendo as atividades; cronometrando e medindo os movimentos realizados pelos operadores; (b) Separação das atividades que representavam *setup* interno e *setup* externo; (c) Conversão das operações internas em externas; (d) Avaliação de todos os aspectos das operações de *setup*, de tal forma a transformá-las em atividades mais simples, rápidas e seguras; e (e) Avaliação dos ganhos alcançados com a implementação da técnica SMED.

4 Resultados

4.1 Análise das operações de *setup*

A Figura 01 mostra fluxograma do processo produtivo da fabricação de fogões. O proces-

so tem início com o envio da ordem de produção, pelo Planejamento e Controle da Produção (PCP), diariamente, para as áreas envolvidas no processo produtivo: corte de chapa, estamparia, pintura a pó, esmaltação, tubos, linha de montagem e almoxarifado. As bobinas de chapa são recebidas em forma de rolo pesando de 3,5 ton a 10 ton e são encaminhadas ao setor de corte de chapa.

O processo de corte é subdividido em: “corte transversal” onde a bobina é cortada no sentido da largura; “corte longitudinal” onde a bobina é cortada no sentido do comprimento. Gerando chapas e bobinas *blanks*. As chapas são fabricadas na dimensão a serem utilizadas nas prensas manuais, cujo acionamento do martelo da prensa é através de comandos bimanuais (i.e. dependentes do acionamento por parte do operador deste comando). As bobinas *blanks* são encaminhadas para o processo de estampagem, conforme as especificações técnicas. As bobinas *blanks* são produzidas em aço inox ou aço galvanizado. Todas as bobinas em aço inox saem diretamente do setor da “Estamparia” para o setor de “Montagem”. Os cortes em aço galvanizados podem ser enviados as etapas de “Pintura a Pó” ou “Esmaltação”, antes de serem enviados ao setor de montagem. Na etapa de “Pintura a Pó”, as peças oriundas do setor de estamparia recebem, através de processo automático, uma camada de tinta em pó que é curada em estufa a 200°C. Esse tratamento é adotado para peças que não recebem altas temperaturas, tais como, as laterais do fogão, perfil lateral e painel do registro. Em seguida, estas peças seguem para o setor de montagem.

No processo de “Esmaltação”, as peças provenientes do setor de estamparia recebem um tratamento superficial de uma camada de fundente passando, em seguida, pelo forno para queima a 840°C. Esse tratamento é adotado para peças que receberam altas temperaturas, tais como for-

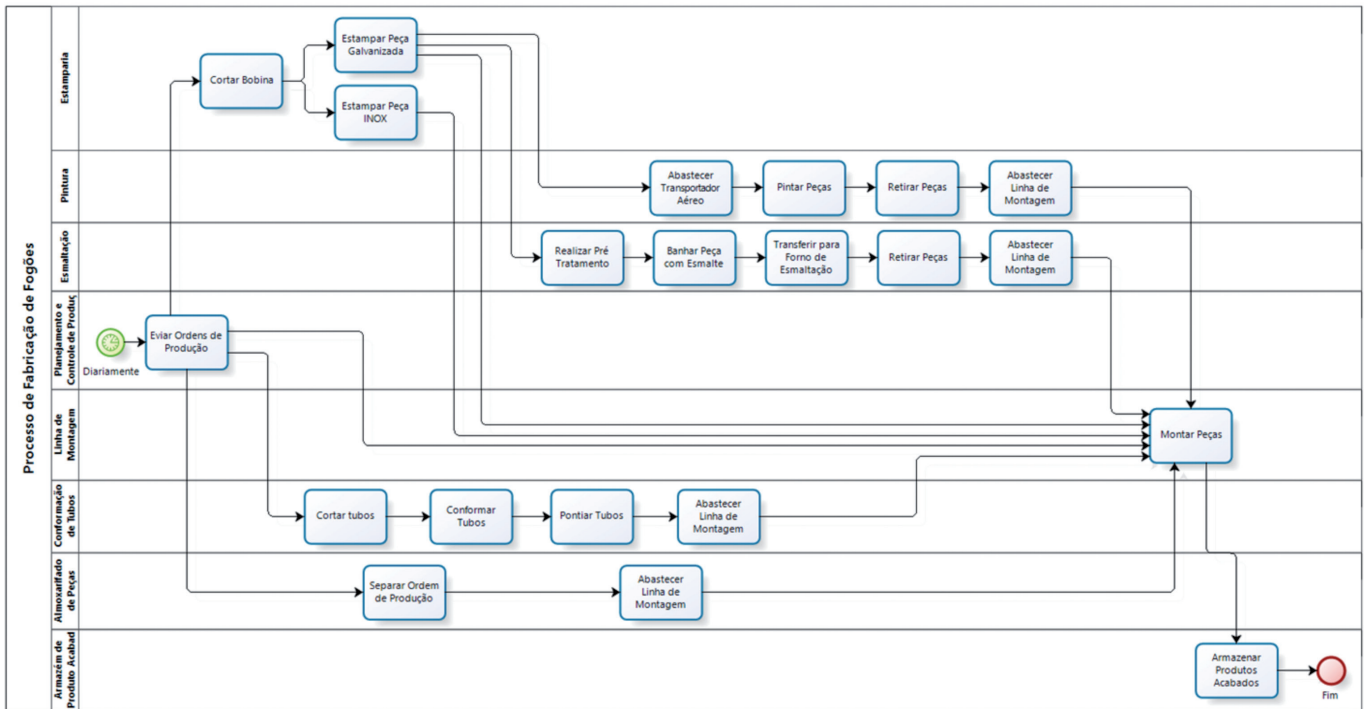


Figura 1: Fluxograma do processo de fabricação de fogões

no e queimadores de mesa (“bocas do fogão”). Em seguida, essas peças seguem para o setor de montagem.

O processamento dos tubos consiste em cortar, dobrar, usinar e pontear. Os tubos formam o produto final, agregados aos registros do ramal e tubo de distribuição de gás, à bateria do fogão, à estrutura funcional de acendimento para os queimadores da mesa, e ao forno. A produção é realizada conforme de ordem enviada pelo PCP.

O almojarifado é encarregado de realizar a separação e abastecimento das linhas de produção. Os itens adquiridos e fornecedores externos incluem vidros, borrachas de vedação, parafusos e porcas. A ordem de produção é enviada com antecedência para sejam contados e separados os itens corretamente.

Na linha de Montagem, as peças formam o produto final. Esta linha é dividida em “pré-montagem”, “montagem”, “teste – funcional” e “avaliação da qualidade”, com um posto anexo de reprocesso. O abastecimento das áreas primárias e

almojarifado são realizados por abastecedores, cuja responsabilidade é verificar quais postos estão na iminência de falta de peças para a montagem do produto.

O “armazém de produtos acabados” (APA) é responsável por armazenar os produtos montados. O serviço de capatazia prepara os contentores com os produtos. As empilhadeiras levam os produtos para um transelevador, que os posicionam dentro do estoque, permanecendo no APA, enquanto, é realizado o faturamento e distribuição aos varejistas.

A análise do fluxograma de processo e os dados de produção mostraram uma elevada frequência de interrupções no processo produtivo. O registro de paradas de produção é realizado pelos operadores, utilizando cadernos de produção. Paralelamente, as anotações dos operadores são acompanhadas por controles em planilhas eletrônicas. O diagrama de Pareto, apresentado na figura 2, mostra os motivos das paradas de produção.

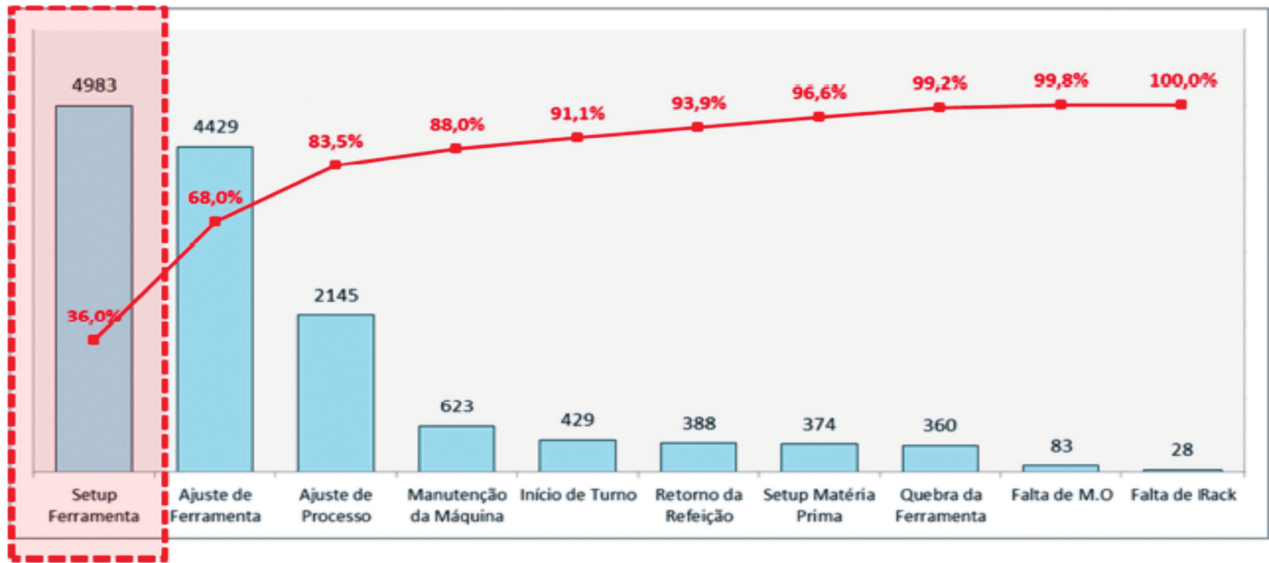


Figura 2: Avaliação mensal dos motivos das paradas de produção

Fonte: Registros de produção no mês de outubro de 2014.

Os principais motivos de parada de produção envolvem: *setup* de ferramenta (i.e. na prensa), ajuste de ferramenta e de processo, e a manutenção da máquina. A priorização do projeto SMED foi dirigida ao *setup* da prensa na estamparia, que ocorre a cada lote de produção, e que representa 36% das causas de paradas de produção.

A figura 3 mostra o desdobramento do tempo de *setup* da prensa na estamparia, ao longo do mês de outubro de 2014. Os tempos de *setup* foram levantados diariamente nos três turnos de

produção. Este setor opera de segunda a sábado, e a prensa é operada por um operador e um auxiliar de produção. Portanto, ao longo dos três turnos, seis funcionários operam o mesmo equipamento. Em cada turno, estes funcionários são auxiliados por um “facilitador de estamparia”, que é responsável por controlar os estoques e a programação da produção.

A relação entre o tempo de *setup* e o tempo de utilização da prensa indicam que no primeiro turno, o processo consome 34% do tempo to-

Tempo de Setup

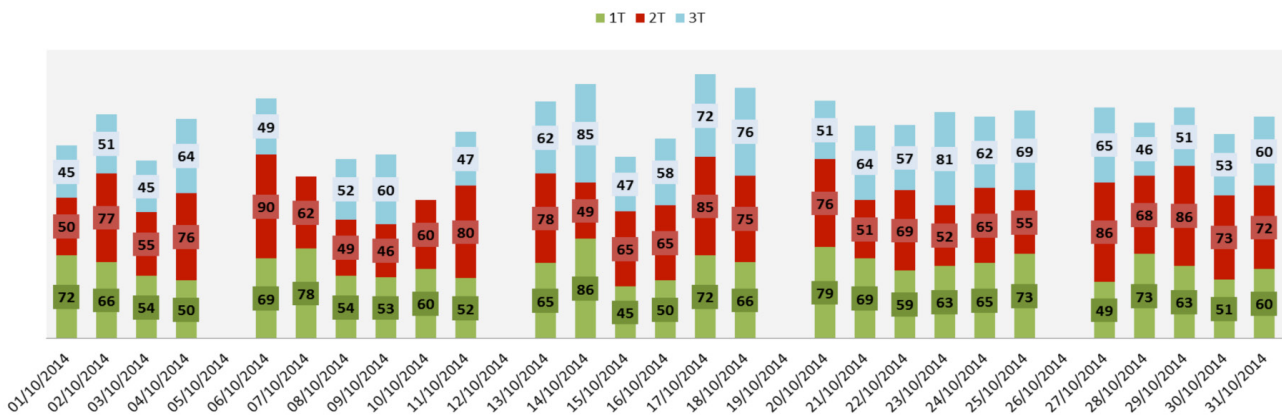


Figura 3: Levantamento dos tempos de setup na troca de ferramentas na estamparia

Fonte: Registros de produção no mês de outubro de 2014.

tal, no segundo turno 36% e no terceiro turno 30%. Estes resultados mostram um desequilíbrio existente entre os três turnos. Este diagnóstico confirma que, além da necessidade de redução do tempo de *setup*, seria importante equilibrar as atividades realizadas nos turnos. A carta de controle dos tempos de *setup* da prensa nos três turnos (Figura 4) confirma o desequilíbrio existente entre os três turnos.

De acordo com os dados coletados, a média do tempo de *setup* da prensa, antes da aplicação do SMED, era 71 minutos. A alta gerência definiu como meta de curto prazo, que o *setup* da pren-

sa deveria ser de no máximo de 40 minutos. Este valor foi definido com base em *benchmarking* de empresas do mesmo segmento e com os ganhos projetados. A distribuição de frequência dos tempos de *setup* nos três turnos de produção (Figura 5) mostra que a empresa, ao longo de 30 dias, não conseguia atingir a meta de *setup*.

O quadro 1 apresenta os ganhos projetados com a adoção da técnica SMED. A cada *setup*, a eficiência da prensa aumentaria em 43.6%, além de um incremento de 775 peças. Observou-se que a redução de *setup* impactaria no tempo de máquina parada e poderia ser alcançada maior

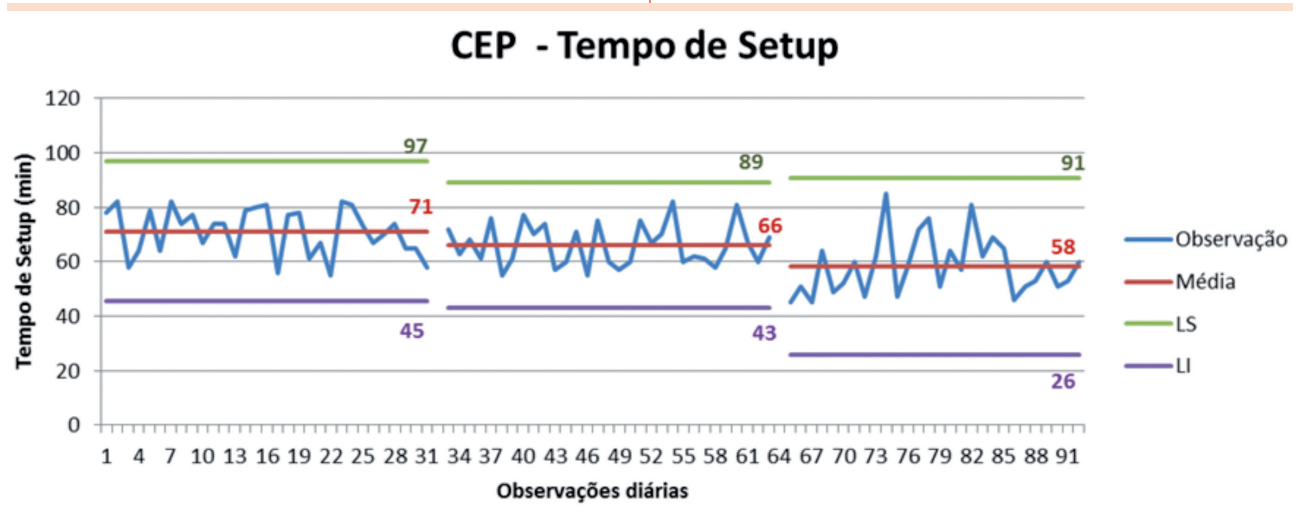


Figura 4: Controle estatístico de processo dos tempos *setup* na estamparia nos três turnos
 Fonte: Registros de produção no mês de outubro de 2014.

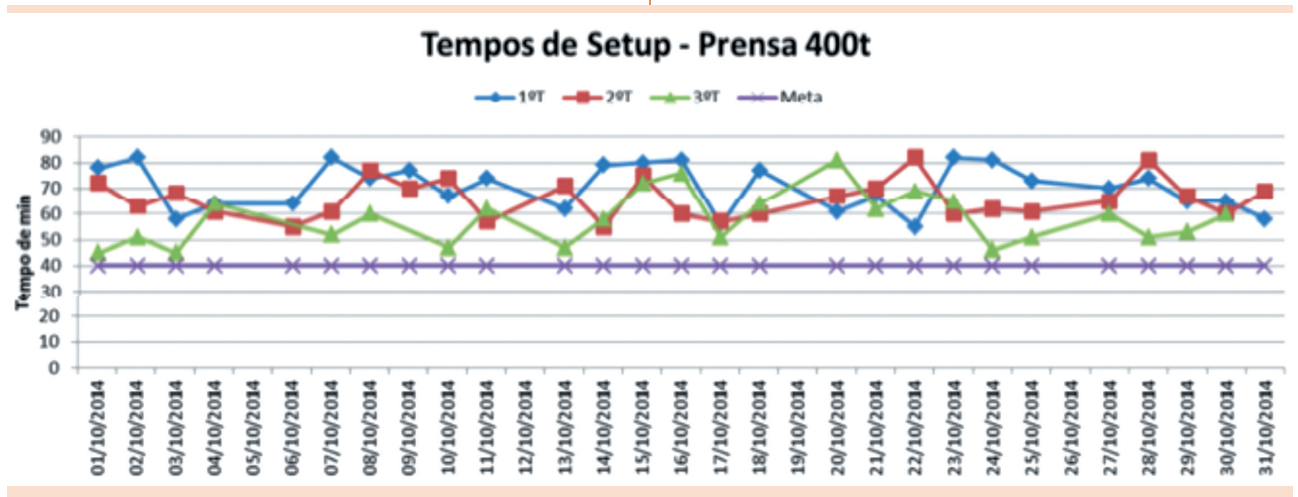


Figura 5: Acompanhamento dos tempos de *setup* da prensa ao longo de 30 dias de produção
 Fonte: Registros de produção no mês de outubro de 2014.

flexibilidade no *mix* de produção e aumento da capacidade produtiva para atender a demanda mensal de 283.500 fogões com lotes de fabricação de 3.500 unidades.

Finalizada a etapa de avaliação do problema e foi definido o *Project Chart* (figura 6) teve início o levantamento de tempos de setup interno e setup externo da prensa no setor de estamparia. Em seguida, foram realizadas modificações no processo com foco na separação de atividades características de *setup* interno e externo, e a posterior conversão do *setup* interno em *setup* externo, com padronização das atividades.

O contrato de projeto inclui a realização de um treinamento de SMED, realizado internamente. A parte teórica foi voltada à compreensão dos conceitos e à prática na aplicação dos conceitos, realizada na própria empresa. Algumas premissas foram estabelecidas para o projeto e as mudanças de processo não poderiam infringir as normas de Saúde e Segurança do Trabalho. Foram selecionados funcionários diretamente ou indiretamente envolvidos no processo de estampagem da fábrica de fogão, como supervisores da estamparia, manutenção industrial, engenha-

Indicadores	Antes do SMED	Melhorias projetadas com o SMED
Tempo médio de Setup	71 min	40 min
Produção média por máquina	25 un/min	25 un/min
Quantidade de peças adicionais produzidas	0 un	775 un

Quadro 1: Projeção de Ganhos com a adoção da técnica SMED

Fonte: Registros do grupo de melhoria da empresa.

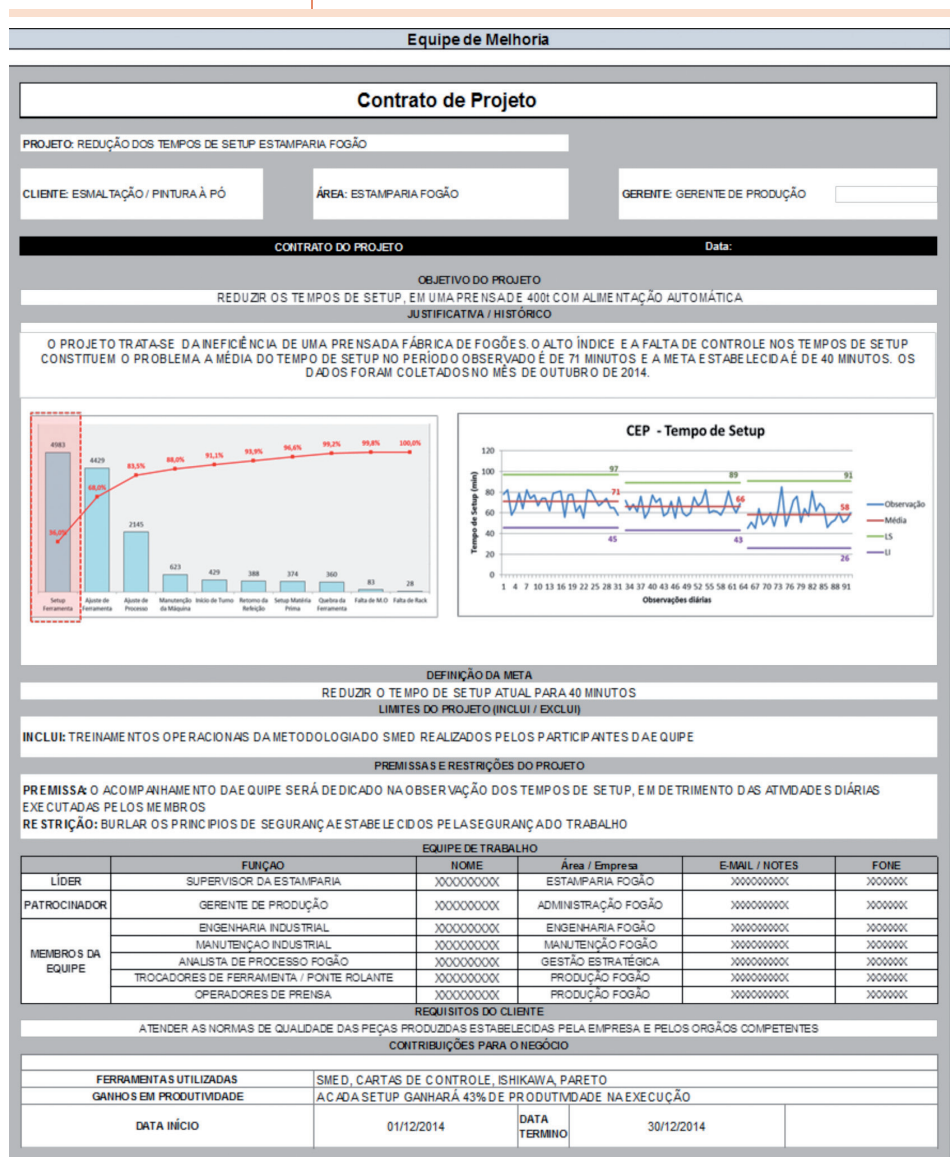


Figura 6: Project chart para redução dos tempos de setup no setor de estamparia

Fonte: Registros do grupo de melhoria da empresa.

ria industrial, analista de processos da fábrica de fogões, operadores de prensa, ponte rolante e trocadores de ferramenta.

4.2 Separação das atividades que representavam *setup* interno e *setup* externo

Foi realizada uma sessão de *brainstorming*, para identificar as possíveis causas que impactavam no desvio da meta de *setup*. Foram identificadas mais de 100 ideias e motivos geradores, envolvendo as dimensões “Meio Ambiente”, “Métodos”, “Mão de Obra”, “Material”, “Máquina” e “Medidas”. Para facilitar a investigação foi desenvolvido um diagrama de causa e efeito, conforme apresentado na figura 7.

Foram levantadas todas as atividades relativas ao *setup* da prensa e documentadas em folha de verificação. Uma vez completado o detalhamento das atividades, foi examinada a necessidade de retirar ou reorganizar operacionalmente o *setup*. O quadro 2 apresenta as principais macroatividades do *setup* da prensa. Após o acompanhamento *in loco* no setor de estamparia e análises

das filmagens das atividades realizadas por todos os operadores ao longo de uma semana, foram identificados problemas decorrentes da ausência de padronização dos procedimentos operacionais.

As filmagens revelaram a necessidade de modificar algumas atividades. Por exemplo, as ferramentas (alavancas, serra-faca, entre outras) estavam distantes das prensas; as bobinas também estavam posicionadas distantes das prensas; faltavam ferramentas específicas para ajuste da prensa; algumas peças que deveriam ter sido encaminhadas para a manutenção continuavam no local das prensas. Também foi observado que não havia uma clara definição das ferramentas que deveriam ser utilizadas nas prensas, e dos ajustes nos sensores e parâmetros de prensa. Todas estas atividades de *setup* eram desenvolvidas com a máquina parada, ou seja, características de *setup* interno.

A partir da definição das causas prováveis em decorrência do problema, e da proposição de ajustes no processo, foi elaborado o plano de ação para a sua efetivação. O plano de ação apresenta um conjunto de 11 atividades, das quais 6 estavam voltadas para a redução/eliminação de



Figura 7 - Diagrama de causa e efeito do tempo de *setup*
 Fonte: Registros do grupo de melhoria da empresa.

Atividades de Setup	Operações	Tempo Gasto	
		min	%
Realizar a limpeza e preparação para início do processo de Setup	Limpeza	3	4
Disponibilizar bobina de aço no sistema de alimentação da Prensa	Movimentação	7	10
Ajustar bobina no sistema de alimentação da Prensa	Ajuste	8	12
Colocar ferramenta na Prensa	Movimentação	5	7
Ajustar a ferramenta e sensores na Prensa	Ajuste	25	35
Ajustar parâmetros de estampagem	Ajuste	22	32
Total		70	100%

Quadro 2: Ficha de verificação de atividades de setup da prensa

Fonte: Registros do grupo de melhoria da empresa.

ajustes; uma para a preparação da ferramenta na prensa e 4 voltadas para colocação da ferramenta na prensa.

4.3 Conversão das operações internas em externas

Para conversão de atividades, após as análises dos vídeos e folhas de verificação, a equipe de melhoria transformou o maior número possível de operações internas em externas. Algumas soluções adotadas envolvem:

- Comunicar ao setor de transporte a realização *setup* com antecedência mínima de 15 minutos, para haver tempo hábil de programação das empilhadeiras e operadores de ponte rolante;
- Desobstrução da área em torno da prensa, uma vez que foi observado que a atividade pode ocorrer com a máquina em produção;

- Colocar ferramentas de trabalho ao lado da prensa (serra-faca, alavancas, chaves);
- Retirar a ferramenta da prateleira e posicionar ao lado da prensa;
- Colocar nova bobina no *pallet* próximo da prensa, antes de iniciar o *setup*.

Os ajustes de sensores de saída de peças e parâmetros de estampagem, que compreendem o posicionamento e configuração nos comandos lógicos programáveis (CLP), consumiam 67% do tempo de *setup* da prensa (quadro 2). Os parâmetros não estavam à disposição do operador e nem todos os códigos estavam cadastrados no CLP da máquina. O ajuste dos sensores era um gargalo para a finalização do processo de *setup*, e não havia um procedimento padrão para posicioná-lo. Ficava sob a responsabilidade do operador e o auxiliar de produção encontrar a melhor posição. Desta forma, o operador ajustava a prensa pelo método de “tentativa e erro”. Paralelamente, a tela de “cadastrar parâmetros” estava livremente habilitada para manipulação e alguns operadores misturavam os códigos alterando toda a programação do CLP.

O sensor exerce uma função de segurança da máquina, bloqueando a descida do martelo caso seja constatado a passagem da peça no último estágio. Caso uma peça fique presa pode ocasionar danos significativos na prensa ou na matriz. Para eliminar perdas de tempo no ajuste dos sensores, a equipe analisou o processo *in loco*, assistindo as filmagens e conversando com operadores. Foram definidas as seguintes soluções:

- Utilização de kits/caixas de ferramentas necessárias ao *setup*, agrupadas e próximas à prensa;
- Desenvolver, nas rampas de descida de peças, dispositivos de fixação rápida em substituição a antigas rampas que necessitam de se-

rem ajustadas por parafusos, para diminuir o número de chaves e atividades de ajuste;

- Desenvolver acomodações para sensores na matriz da ferramenta, evitando ajustes de posicionamento do sensor;
- Adquirir novos sensores com maior faixa de leitura;
- Padronizar e revisar os parâmetros das receitas no CLP, bloqueando os acessos as telas de configuração;
- Identificar visualmente as ferramentas que estavam danificadas ou com alguma irregularidade.

A implementação destas mudanças reduziu o tempo médio de *setup* de 71 minutos para 52 minutos. Os operadores ainda continuavam a andar longas distâncias para executar o *setup*, devido à necessidade de procurar as ferramentas. Como não havia cadeados e nenhuma restrição ao uso, algumas ferramentas que eram “tomadas emprestadas” não retornavam ao lugar de origem.

Foi desenvolvido um *checklist* padrão de troca de turno, no qual constava que os operadores deveriam entregar todas as ferramentas em uso. O documento era assinado e verificado pelo líder da área. As chaves passaram a ficar com o operador do turno e toda saída de ferramenta passou a ser de inteira responsabilidade do líder. Caso faltasse algum instrumento do *checklist*, seria necessário realizar uma prestação de contas. As ferramentas também eram perdidas durante o processo de lavagem. Foram criadas “ruas

e endereços” para armazenamento e localização exata das ferramentas.

4.4 Avaliação da padronização das operações de *setup*

Para mensurar o impacto no processo foi feita comparação entre as folhas de verificação e a meta estabelecida. Em janeiro 2015, a média de tempo de *setup* foi inferior a 40 minutos. O gráfico do controle estatístico de processo (figura 8) mostra a padronização do processo nos três turnos de produção, além da redução nos limites inferiores e superiores de controle.

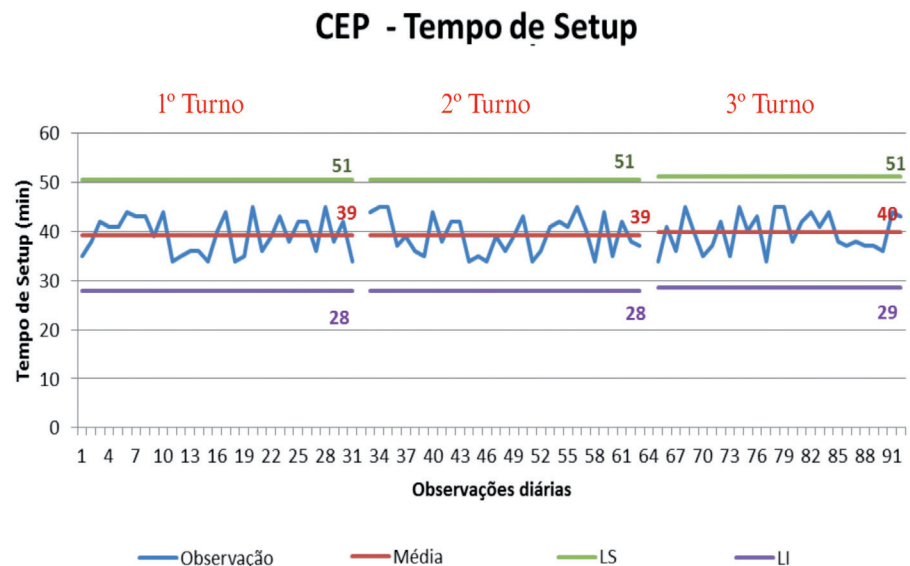


Figura 8: Controle estatístico de processo dos tempos *setup* na estamparia nos três turnos após do SMED

Fonte: Registros de produção no mês de janeiro de 2015.

O quadro 3 traz um comparativo detalhado dos ganhos obtidos em minutos nas atividades de *setup*. Observa-se que as medidas implementadas levaram uma redução de 35 minutos para 4 minutos. O acompanhamento diário do processo, por meio de reuniões com os supervisores das áreas, possibilita a manutenção dos ganhos e melhorias nos indicadores de produtividade e gestão da qualidade no processo.

Modificações nas Atividades de <i>Setup</i>	Tempo Gasto (min)	
	Antes do SMED	Após o SMED
Substituição da ferramenta durante do <i>setup</i>	7	0
Procura de ferramentas no pátio	5	2
Falta de chaves de ajuste dos sensores e parâmetros	5	0
Posicionamento dos sensores	14	2
Identificação das ferramentas	4	0
Total	35	4

Quadro 3: Redução do tempo gasto no *setup* da prensa

Fonte: Registros do grupo de melhoria da empresa.

A padronização do *setup* na prensa ocorreu com a definição do macrofluxo do processo. O subprocesso de “preparação” representa um *setup* externo, e os subprocessos de “retirada”, “colocação” e “ajuste” foram definidos como *setup* interno. O fluxograma de *setup* externo, apresentado na figura 9, representa uma melhoria operacional e organizacional.

A padronização e a separação das atividades de *setup* interno e externo permitiram a realização de atividades em paralelo e a organização do processo. A divisão em subprocessos auxilia a compreensão dos operadores sobre as atividades a serem realizadas, possibilita o treinamento

para formação de operadores multifuncionais e a difusão do conhecimento para outros setores da empresa.

4.5 Sugestões de melhoria de processos

A partir dos resultados do projeto, foram feitas sugestões de melhoria para gerência do setor de estamparia:

- Consolidar a cultura de 5S na empresa, a qual favorecerá a localização de peças, ferramentas e bobinas necessários para realização de um *setup* rápido;

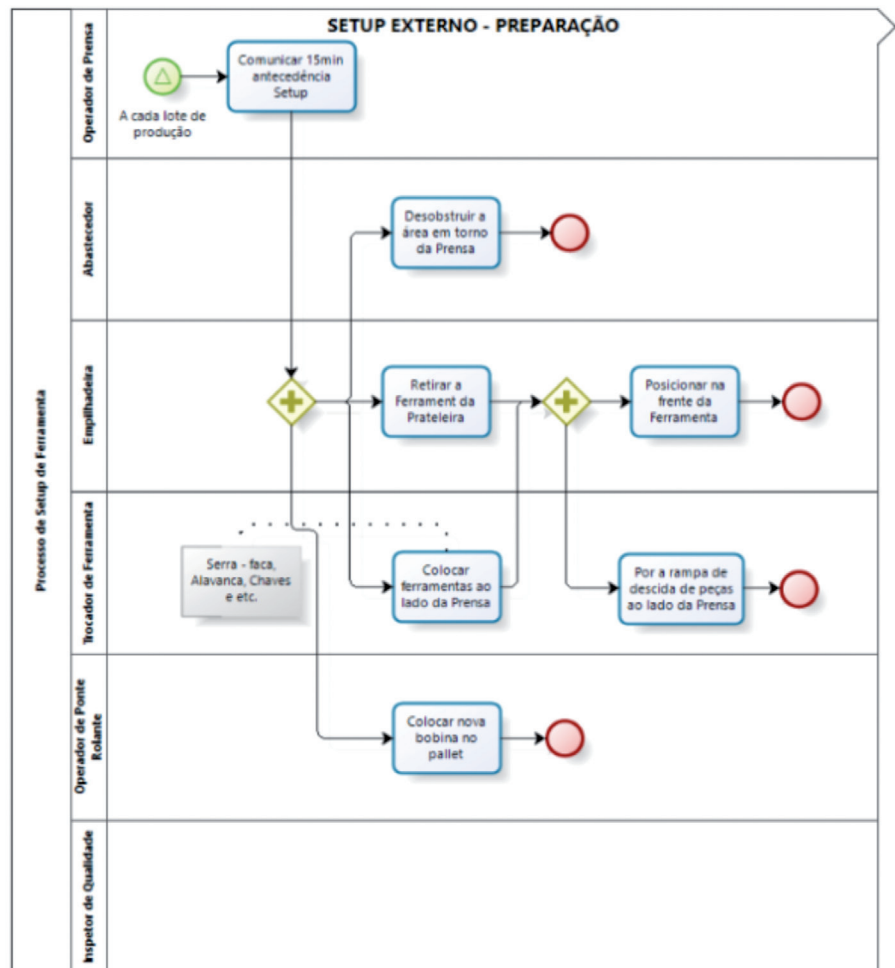


Figura 9: Fluxograma do sub-processo de preparação da prensa
Fonte: Registros do grupo de melhoria da empresa.

- Melhorar a manutenção preventiva e preditiva, e aumentar a confiabilidade do sistema, de forma a evitar possíveis quebras/falhas nos equipamentos, e paradas de produção, as quais afetam a eficiência do processo;
- Treinar toda força de trabalho na execução das atividades operacionais, de forma a evitar falhas no cumprimento das tarefas de *setup* interno e externo.

5 Discussão

Este estudo de caso demonstrou que a implementação da técnica de *Single Minute Exchange of Die* – SMED possibilita a redução do tempo de *setup*, com ganhos financeiros, operacionais e organizacionais. O quadro 4 apresenta o detalhamento dos ganhos alcançados com a adoção do SMED na redução do tempo de *setup* da prensa no setor de estamparia. Foram eliminados 31 minutos, que representam uma redução de 43% do tempo total de *setup*, sem que houvesse nenhum impacto negativo na produção ou na qualidade do produto.

A melhoria significativa na redução do tempo de *setup* demandou investimentos, tais como

Indicadores	Ganhos
Custo médio unitário para produzir 1 peça que é estampada na prensa	R\$0,98/un
Percentual de redução tempo no <i>setup</i>	43%
Média da quantidade de <i>setup</i> programados dia pelo PCP	3
Quantidade média de peças produzidas na prensa em 1 minuto	28 un/min
Quantidade de dias descontando os domingos e feriados	296 dias
Impacto financeiro da implementação SMED/ ano	R\$ 731.001,60/ano

Quadro 4: Ganhos alcançados com a adoção do SMED no setor de estamparia

Fonte: Registros do grupo de melhoria da empresa.

a aquisição de novos sensores e carrinhos que facilitavam a troca de ferramentas. No entanto, ajustes operacionais foram importantes para o sucesso do projeto. Os ganhos obtidos corroboram as referências da literatura, que apontam o processo SMED como efetivo na melhoria da eficiência produtiva (Dave & Sohani, 2012; Moreira & Pais, 2011; Mulla *et al.* 2014). Moreira e Garcez (2013) apresentam resultados semelhantes com a implementação da técnica de SMED em pequenas e médias empresas.

Alguns fatores foram importantes para o sucesso da implantação da técnica SMED. A empresa possuía uma cultura de inovação no ambiente de trabalho, em especial no chão de fábrica, que possibilitava a proposição de soluções a partir dos “grupos de melhoria”. A empresa também possuía poucos níveis hierárquicos e amplos canais de comunicação e de tomada de decisão, de tal forma que as sugestões de melhoria chegavam rapidamente a alta direção. Um outro fator relevante, envolveu a realização de extensivos treinamentos para nivelamento e difusão da técnica de SMED nos níveis operacional, tático e gerencial. Estes fatores também foram relatados por Hedge e Nagarajan (1992) que estudaram os conflitos existentes entre a adoção de soluções de redução de custo no curto prazo, e a implantação de melhoria contínua e inovações no processo no longo-prazo, como a técnica SMED.

O estudo de caso comprova os achados de Sugai *et al.* (2007), de que o SMED é uma técnica que reduz *setup* com soluções simples, e com forte ênfase nas melhorias organizacionais. A padronização das atividades possibilita a manter os baixos tempos de *setup* em um largo período de tempo. A realização de auditorias de tempos e métodos pode ser uma solução para a manutenção dos ganhos.

A técnica SMED possibilita também aumentar a flexibilidade do sistema de produção e

atender a demanda do mercado. Resultados semelhantes foram encontrados por Deros *et al.* (2011). Outro achado importante deste estudo foi o uso conjunto da técnica SMED com o MASP e o uso de ferramentas da qualidade. Neste sentido, o estudo confirma os achados de Mulla *et al.* (2014) que reconhecem o potencial da implementação de técnicas de manufatura enxuta em conjunto com SMED possibilita aumento da capacidade produtiva e uma melhor utilização da força de trabalho.

6 Conclusão

O artigo utilizou a técnica SMED, em conjunto com a metodologia de análise e solução de problemas (MASP), para reduzir tempo de *setup* da prensa no setor de estampa de 70 minutos para 40 minutos. A técnica foi aplicada em uma empresa de grande porte, produtora de artigos da linha branca, em especial na linha de montagem de fogões. O estudo mostrou que ajustes no processo de *setup* resultaram em um aumento a produção na prensa e atendimento as demandas do mercado. Neste sentido, o estudo de caso revela a importância do apoio da alta gerência na formação de um grupo de melhoria capacitado na técnica SMED e no uso de ferramentas de gestão da qualidade. A aplicabilidade da técnica SMED, mostra-se viável para ser adotado em empresas fabricantes de fogões ou de artigos da linha branca.

Para garantir a continuidade desses ganhos é necessário que seja realizado um monitoramento das atividades operacionais e acompanhamento dos resultados nas reuniões diárias de produção. A adoção da técnica SMED permitiu que a empresa atendesse o aumento na demanda, induzido por uma redução do IPI, sem um significativo investimento em equipamentos. Por outro lado, uma queda na demanda de fogões, decorrente da crise

no mercado, pode ser ajustada com a redução dos turnos de produção.

Como limitações deste estudo, evidencia-se o fato da pesquisa se restringir a apenas um estudo de caso durante o período de realização do projeto de implantação da técnica SMED. No entanto, estas limitações podem ser sanadas com estudos longitudinais nesta empresa para avaliar as melhorias e mudanças realizadas no processo, ou ainda com a comparação de resultados de aplicação da técnica SMED abrangendo o segmento da linha branca e outras partições do setor industrial.

Acredita-se que as evidências deste estudo tragam benefícios para áreas acadêmicas e empresariais. Do ponto de vista acadêmico contribuiu com evidências empíricas que comprovam os ganhos financeiros, organizacionais e operacionais da aplicação da técnica SMED. E do ponto de vista empresarial, o artigo abre espaços para ampliar a difusão do conhecimento sobre a utilização da técnica SMED e outras ferramentas do *Lean Manufacturing* para as áreas e equipamentos gargalos da produção, a fim de reduzir as perdas, aumentando a eficiência global das operações industriais.

Agradecimentos

Ao Editor e aos Revisores Anônimos por suas contribuições para melhoria da versão inicial deste artigo.

Referências

Almomani, M.A., Aladeemy, M., Abdelhadim A., & Mumani, A. (2013). A proposed approach for setup time reduction through integrating conventional SMED method with multiple criteria decision-making techniques. *Computer & Industrial Engineering*, 66, 461-469.

Dave, Y., & Sohani, N. (2012). Single Minute Exchange of Dies: Literature Review. *International Journal of Lean Thinking*, 3 (2), 28-37.

- Deros, B. M., Mohamand, D., Idris, M.H.M., Rahaman, M.N.A., Ghani, J.A., & Ismail, A.R. (2011). Setup time reduction in an automotive battery assembly line. *KMUTNB: International Journal of Applied Science and Technology*, 4(2), 9-13.
- Duarte Filho, G. D., Souza, R., & Gontijo, T. S. (2016). A eficiência no processo de impressão em uma indústria de embalagens plásticas da região metropolitana de Belo Horizonte. *Revista Petra*, 2 (1), 108-125.
- ELETROS - Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletrônicos –2013. Estatísticas. Recuperado em 21/03/2015 de <http://www.eletros.org.br/portal.php/estatisticas>.
- Fogliatto, F. S., Silveira, G. J.C., & Borenstein, D. (2012). The mass customization decade: An updated review of the literature. *International Journal of Production Economics*, 138 (1), 14-25.
- Gandhi, M. K., & Singh, A. K. (2016). Reduction of Setup Time by Implementation of SMED Methodology. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*, 2 (9), 390-393.
- Hedge, G.G., & Nagarajan, N.J. (1992). Incentives for overhead cost reduction: Setup time and lot size consideration. *International Journal of Production Economics*, 28, 255-263.
- Jabbour, A.B.L.S, Teixeira, A.A, Freitas, W.R.S., & Jabbour, C.J.C. (2013). Análise da relação entre manufatura enxuta e desempenho operacional de empresas do setor automotivo no Brasil. *Revista de Administração (São Paulo)*, 48 (4), 843-856.
- SBRASIL. *Sem prorrogação, IPI menor para carros e linha branca acaba na sexta*. 2013. Recuperado em 21/03/2015 de <http://crc-pr.jusbrasil.com.br/noticias/100041706/sem-prorrogacao-ipi-menor-para-carros-e-linha-branca-acaba-na-sexta/>.
- Marconi, M. A., & Lakatos, E. M (2010). Fundamentos de metodologia científica. 7a.ed. São Paulo: Atlas.
- Moreira, A.C., & Pais, G.C.S. (2011). Single minute exchange of die: a case study implementation. *Journal of Technology Management & Innovation*, 6 (1), 129-146.
- Moreira, A. C., & Garcez, P.M. T. (2013). Implementation of the single minute exchange of die (SMED) methodology in small to medium-sized enterprises: A Portuguese case study. *International Journal of Management*, 30 (1), 66 – 87.
- Mulla, M.L., Bhatwadekar, S. G. & Pandit, S. V. (2014). Implementation of lean manufacturing through the technique of Single Minute Exchange of Die (SMED) to reduce change over time. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3, 13069-13076.
- Pinto, R. A. Q., Torres Júnior, A. S., & Tortato, U. (2016). Do TOC para manufatura enxuta: um estudo de caso de mudança de gestão da produção. *Gestão & Regionalidade*, 32 (94), 147-161.
- Satolo, E. G., & Calarge, F. A. (2008). Troca Rápida de Ferramentas: estudo de casos em diferentes segmentos industriais. *Exacta*, 6 (2), 283-296.
- Scheller, A. C., & Miguel, P. A. C. (2014). Adoção do seis sigma e lean production em uma empresa de manufatura. *Revista Produção Online*, 14 (4), 1316-1347.
- Shinde, S., Jahagirdar, S., Sane, S., & Karandikar, V. (2014). Set-Up Time Reduction of a Manufacturing Line using SMED Technique. *International Journal of Advanced Industrial Engineering*, 2 (2), 50-53.
- SHINGO, S. (1996). *Sistema Toyota de Produção*. Porto Alegre: Bookman.
- Silva, E. L., & Menezes, E. M. (2001). *Metodologia de pesquisa e elaboração de dissertação*. Florianópolis: Laboratório de Ensaio a Distancia da UFSC.
- Sugai, M., Mcintosh, R. I., & Novaski, O. (2007). Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. *Gestão e Produção*, São Carlos, 14 (2), 323-335.

Recebido em 14 set. 2017 / aprovado em 14 mar. 2018

Para referenciar este texto

Vilela, P. F., Abreu, M. C. S., & Leopoldino, C. B. Redução do tempo de setup por meio da técnica single minute exchange of die em empresa do setor de linha branca. *Exacta*, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 81-97. jan./mar. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.5585/ExactaEP.v17n1.7833>>

