

# Aplicação dos princípios do SMED para a redução dos tempos de setup em uma empresa de implantes médicos: um estudo de caso

## *Applying SMED principles for reducing setup times in a medical implant company: a case study*

Aroldo José Isaias de Moraes<sup>1</sup>  
Reinaldo Baptista<sup>2</sup>  
Luciana Ferracini dos Santos<sup>3</sup>  
Elaine Cristina Buciolli<sup>4</sup>

### Resumo

Diante de um mercado cada vez mais competitivo, as empresas vêm buscando alternativas e estratégias para se manterem ativas. Desafios impostos tais como: redução de custos, qualidade do produto e prazos de entrega menores fazem com que as mesmas almejem a melhoria contínua. O objetivo deste trabalho é demonstrar como os princípios da filosofia Lean, por meio de suas ferramentas, podem atingir estes desafios. O trabalho foi realizado por meio de um estudo de caso em uma empresa fabricante de implantes médicos, situada na cidade de Rio Claro SP. Foi possível evidenciar os ganhos obtidos com a redução dos tempos de setup por meio da eliminação de atividades que não agregavam valor e a implantação do sistema de troca rápida de ferramentas.

**Palavras-chave:** Melhoria contínua; Filosofia *Lean*; SMED.

### Abstract

In an increasingly competitive market, companies are looking for alternatives and strategies to stay active. Challenges imposed such as: cost reduction, product quality and shorter lead times mean that they aim at continuous improvement. The purpose of this paper is to demonstrate how the principles of the Lean philosophy, through its tools, can achieve these challenges. The study was carried out by means of a case study in a company that manufactures medical implants located in the city of Rio Claro SP, from which it was possible to show the gains obtained by reducing setup times by eliminating activities that do not add up value and punctuating the gains obtained with the implementation of the rapid tool change system.

**Keywords:** Continuous improvement; Lean Philosophy; Single Minute Exchange of Die.

<sup>1</sup> Doutor em Engenharia de Produção e Professor na graduação/ pós-graduação da FHO- Fundação Hermínio Ometto, Araras S/P, Brasil. amoraes1331@gmail.com

<sup>2</sup> Pós-Graduado Especialização em Engenharia de Produção e aluno na FHO- Fundação Hermínio Ometto, Araras S/P, Brasil. reinaldobap76@gmail.com

<sup>3</sup> Doutora em Engenharia de Alimentos e Professora na graduação/ pós-graduação da FHO- Fundação Hermínio Ometto, Araras S/P, Brasil. lucianaferracini@uniararas.br

<sup>4</sup> Doutoranda em Bioquímica e Professora na graduação/ pós-graduação da FHO- Fundação Hermínio Ometto, Araras S/P, Brasil. e.buciolli@vahoo.com

## 1 Introdução

Em função de um mercado cada vez mais competitivo e globalizado, as empresas necessitam cada vez mais reinventar seus processos para se manterem ativas.

Devido a este cenário, as empresas buscam novas técnicas que possibilitem auxiliar o combate ao desperdício, a redução de custos, o aumento da produtividade e a melhoria da qualidade de seus produtos e serviços.

Para Costa *et al.* (2013), as empresas devem produzir de acordo com as necessidades e requisitos de seus clientes, fornecendo produtos de alta qualidade com preços baixos e prazos de entrega cada vez menores.

Atualmente os clientes buscam por variedade e qualidade nos produtos e serviços de modo que atendam suas expectativas e necessidades.

De acordo com Ohno (1997) e Liker (2005), quando as empresas adotam os sistemas tradicionais de produção (Produção em Massa) propostos por Henry Ford, torna-se impossível a produção de uma grande variedade de produtos em pequenas quantidades devido a seus processos não serem flexíveis.

Após a Segunda Guerra Mundial, surgiu no Japão, a filosofia do Sistema Toyota de Produção (STP) com o objetivo de atender a necessidade do mercado japonês com a produção de lotes pequenos, porém com grande variedade de modelos (Liker, 2005).

Empresas que adotam o STP atendem às necessidades dos clientes produzindo em quantidades menores e com grande variedade, o que gera grande quantidade de *setup* em seus processos produtivos.

Diante do aumento no número de *setups*, o STP faz uso da ferramenta SMED (*Single Minute Exchange of Die*) que tem por objetivo a redução dos tempos de *setup* além de tornar possíveis o aumento da produtividade, a redução de custos de fabricação, a flexibilização da produção e a diminuição dos tamanhos de lotes (Moreira & Pais, 2011; Stadnicka, 2015).

Segundo Shingo (2000), por meio da Troca Rápida de Ferramentas (TRF), tempos de *setup* anteriormente realizados no período de dias podem ser realizados em poucos minutos.

Este trabalho tem por objetivo demonstrar os ganhos obtidos por meio da aplicação do sistema de TRF na redução dos tempos de *setup* em uma empresa de implantes médicos.

## 2 Revisão Literatura

### 2.1 O Sistema Toyota de Produção

Segundo Womack *et al.* (2004), Eiji Toyoda e Taiichi Ohno foram os pioneiros no conceito da produção enxuta, também conhecido por Sistema Toyota de Produção.

Segundo Begam *et al.* (2013), o Sistema Toyota de Produção busca identificar e eliminar os desperdícios por meio da melhoria contínua, tornando a empresa mais enxuta e mais flexível.

De acordo com Majava e Ojanpera (2017), a filosofia Lean visa melhorar o fluxo de valor de um modo holístico e minimizar as atividades que não agregam valor.

Para John Krafcik, pesquisador do IMVP, a produção é “enxuta” por utilizar menores quantidades em tudo quando comparada com a produção em massa: metade do esforço dos colaboradores, metade do espaço para fabricação,

metade do investimento em ferramentas e metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos (Womack et al., 2004).

O Sistema Toyota de Produção surgiu da necessidade de produção de pequenas quantidades e muita variedade, em um mercado de baixa demanda durante o período pós-guerra (Ohno, 1997).

### 2.2 Princípios do Sistema Toyota de Produção (STP)

Segundo Liker (2005), uma empresa “enxuta” é aquela que desenvolve e pratica princípios corretos para alcançar alto desempenho e entrega valor para seus clientes e para a sociedade.

Os 14 princípios de acordo com Liker (2005), são:

- Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo.
- Criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona.
- Usar sistemas puxados para evitar a superprodução.
- Nivelar a carga de trabalho.
- Construir uma cultura de parar para resolver os problemas, obtendo a qualidade logo na primeira tentativa.
- Tarefas padronizadas são a base para a melhoria contínua e para capacitação dos funcionários.
- Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto.
- Usar somente tecnologia confiável e completamente testada, que atenda aos funcionários e processos.
- Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, que “vivam” a filosofia e a ensinem aos outros.

- Desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa.
- Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores desafiando-os e ajudando-os a melhorar.
- Ver por si mesmo para compreender completamente a situação.
- Tomar decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as opções, e implementá-las com rapidez.
- Tornar-se uma organização de aprendizagem através da reflexão incansável e da melhoria contínua.

### 2.3 Os Sete Tipos de Perdas

Identificar a perda é importante, pois ela aumenta os custos e não agrega valor para o produto (Majava & Ojanpera, 2017).

De acordo com Pienkowski (2014), na produção enxuta, o desperdício geralmente é descrito como “Muda”, ou seja, uma atividade que não agrega valor ao produto e que o cliente não está disposto a pagar.

Segundo Begam et al. (2013) e Lewis e Cooke (2014), as sete grandes perdas que não agregam valor em processos administrativos ou de produção são:

- Superprodução: produção de itens que não possuem demanda, gerando perda com excesso de pessoal e de estoque e com custos de transporte devido ao estoque excessivo.
- Espera: funcionários que ficam esperando pela próxima etapa no processamento, ferramenta, suprimento, ou que não tem trabalho devido a atrasos no processamento, pela interrupção do funcionamento de equipamentos.

- Transporte ou movimentação desnecessários: movimento de estoque em processo por longos trajetos e transporte ineficiente.
- Superprocessamento ou processamento incorreto: etapas desnecessárias no processamento do produto. Processamento ineficiente devido a uma ferramenta ou projeto de baixa qualidade produzindo defeitos.
- Excesso de estoque: excesso de matéria-prima, de material em processo, causando longos *lead times*, produtos danificados e custos de armazenamento, além de ocultar problemas de desbalanceamento da produção e paradas para manutenção e longo tempo de *setup*.
- Movimento desnecessário: um movimento inútil que o funcionário realiza durante o trabalho, para procurar, pegar ou empilhar peças ou ferramentas.
- Defeitos: produção de peças com defeito. Conserto, retrabalho ou troca de produtos.
- Desperdício da criatividade dos funcionários: perda de tempo, de ideias, de habilidades e oportunidades de aprendizado por não envolver-se ou não ouvir os funcionários.

Segundo Ohno (1997), a eliminação completa dos desperdícios pode aumentar a eficiência das operações por uma ampla margem.

#### 2.4 Estrutura do Sistema Toyota de Produção

A base do Sistema Toyota de Produção é a absoluta eliminação do desperdício e os dois pilares necessários à sustentação do sistema são o Just-in-time e o Jidoka (Begam et al., 2013; Calhado et al., 2015).

O STP é representado pelo diagrama de uma casa, pois a casa é um sistema estrutural. Ela só será forte se o telhado, as colunas e as fundações forem fortes. Uma conexão fraca fragiliza todo o sistema (Liker, 2005).

Existem diferentes versões da representação da casa, mas os princípios fundamentais permanecem os mesmos. A Figura 1 representa o STP com seus dois pilares, Just-in-Time e Jidoka, juntamente com os demais componentes. No centro do sistema estão as pessoas. O objetivo do modelo é atender às necessidades do cliente com qualidade, baixo custo e menor tempo de entrega. Tudo isso, em um ambiente de trabalho com segurança e alta moral. (Begam et al., 2013).

Figura 1 - Estrutura do STP



Fonte: Liker, 2005

#### 2.4.1 Just-in-Time

O pilar esquerdo, Just-in-time (JIT), é composto por: planejamento takt time, fluxo contínuo, sistema puxado, troca rápida e logística integrada.

O JIT é um sistema que tem por objetivo produzir apenas o necessário, quando necessário e na quantidade necessária (Rameez & Inamdar, 2010; Pienkowski, 2014).

#### 2.4.2 Jidoka

O pilar direito, Jidoka, é composto por: paradas automáticas, Andon, separação pessoa-máquina, verificação de erro, controle de qualidade no setor e solução na origem dos problemas.

De acordo com Ohno (1997), a autonomia muda o significado da gestão, pois não será necessária a atenção de um operador enquanto a máquina estiver produzindo, ou seja, a máquina somente receberá atenção humana quando ela parar devido a uma situação anormal.

Para Pienkowski (2014), a ideia central do Jidoka é impedir a geração e propagação de defeitos, pois o equipamento para por conta própria quando detecta algum problema.

#### 2.4.3 Pessoas

No STP as pessoas ocupam o centro do sistema, pois são elas que trabalham, se comunicam e resolvem os problemas, crescendo juntas (Liker, 2005).

De acordo com Begam et al. (2013), as pessoas estão no centro da “casa” pois elas enxergam os desperdícios e resolvem os problemas que conduzem a uma melhoria contínua nos processos.

Segundo Rameez e Inamdar (2010), funcionários motivados e capacitados são essenciais, uma vez que as pessoas são o elemento chave da produção enxuta.

### 2.5 *Ferramentas do Lean*

Para Ulutas (2011), o Lean Manufacturing é um conjunto de ferramentas que ajudam a identificar e eliminar os desperdícios, também auxilia na melhoria da qualidade e na redução dos custos e dos tempos de produção.

As ferramentas utilizadas no Lean Manufacturing são diversas, dentre as mais utilizadas podem ser citadas: 5S, Kanban, SMED, TPM, Kaizen, Gestão Visual, TQM, Mapeamento do Fluxo de Valor, Padronização Operacional e Just-in-Time. (Rameez & Inamdar, 2010; Begam et al., 2013).

Neste artigo é destacado o SMED, ferramenta utilizada para a melhoria dos tempos de setup.

#### 2.5.1 TRF (Troca Rápida de Ferramenta)

O Sistema de Troca Rápida de Ferramenta (TRF) ou Single Minute Exchange of Die (SMED) foi desenvolvido por Shigeo Shingo.

Seus estudos e experimentos realizados em várias indústrias do Japão ocorreram por cerca de 19 anos, tendo sido iniciados em 1950, quando foram apresentados três estágios de melhoria que deram origem a metodologia de Shingo (Shingo, 2000; Sugai et al., 2007; Cas et al., 2013).

O primeiro estágio de melhoria aconteceu nas indústrias Toyo em 1950, na cidade de Hiroshima. Shingo percebeu pela primeira vez dois tipos de operações: o setup interno, que pode ser realizado somente quando a máquina está parada e

o *setup* externo, que pode ser realizado com a máquina operando.

O segundo estágio foi observado em um estaleiro da Mitsubishi Heavy Industries, em 1957, quando foi feita a duplicação de ferramentas para a realização do *setup* em uma plaina, convertendo o *setup* interno em *setup* externo.

O terceiro estágio de melhoria aconteceu na Toyota Motors Company em 1969, quando uma operação de tempo de preparação (*setup*) de uma prensa, que durava cerca de quatro horas, foi realizada em três minutos, racionalizando todos os aspectos da operação de *setup*.

A TRF (Troca Rápida de Ferramentas) refere-se à teoria e às técnicas utilizadas para reduzir os tempos de preparação (*setup*) do equipamento (Moreira & Pais, 2011; Grzybowska & Gajdzik, 2012).

O objetivo da TRF é a redução e a simplificação do *setup*, por meio da redução ou eliminação das perdas relacionadas à tarefa de troca de ferramentas (Cas et al., 2013).

Segundo Rameez e Inamdar (2010), a TRF é um sistema que permite uma grande variedade de produtos, sem diminuir a produção ou gerar custos altos com desperdícios de *setup*.

De acordo com Anil et al. (2016) e Silva et al. (2016), o tempo de *setup* é definido como o tempo gasto na troca de processo, do final da fabricação de um lote até a fabricação da primeira peça aprovada do lote seguinte.

#### 2.5.1.1 Benefícios da Implementação da Troca Rápida de Ferramentas (TRF)

Segundo Shingo (2000), a implementação do sistema TRF proporciona os seguintes benefícios:

- Produção sem estoque: o sistema TRF torna possível a produção com grande variedade em pequenos lotes e com estoques mínimos.

- Aumento das taxas de utilização de máquina e de capacidade produtiva: quando os tempos de *setup* são reduzidos, os índices de utilização dos equipamentos aumentam e a produtividade também.
- Eliminação de erros: os erros durante o *setup* e a ocorrência de defeitos são diminuídos devido à eliminação de operações de teste.
- Qualidade melhorada: melhora da qualidade devido às condições operacionais que são ajustadas com antecedência.
- Maior segurança: *setups* mais simples tornam as operações mais seguras.
- *Housekeeping* simplificado: a padronização diminui a quantidade de ferramentas utilizadas, possibilitando uma organização mais funcional.
- Tempo de *setup* reduzido: o tempo de *setup* é reduzido proporcionando diminuição no número de horas-homem.
- Menores despesas: a aplicação da TRF torna possível o aumento da produtividade a um custo relativamente baixo.
- Preferência do operador: com *setups* mais simples e rápidos, não há mais motivo para evitá-los.
- Menor exigência de qualificação: a facilidade das trocas de ferramentas (*setups*) suprime a necessidade de mão-de-obra qualificada.
- Tempo de produção reduzido: a redução do tempo de produção pode ser obtida com a eliminação dos períodos de espera, a eliminação de espera dos lotes e a produção de pequenos lotes.
- Aumento da flexibilidade de produção: com *setups* mais simples e rápidos, respostas rápidas a mudanças na demanda tornam-se possíveis.
- Novas atitudes: uma mudança na forma de pensar torna possível o impossível.

- Métodos de produção revolucionados: a TRF possibilita resposta rápida a flutuação na demanda e cria condições de redução nos tempos de atravessamento.

#### 2.5.1.2 Os Quatro Estágios Conceituais da TRF

A TRF foi desenvolvida por Shingo em um período de dezenove anos por meio de resultados de estudos e aspectos teóricos e práticos de aprimoramentos em operações de setup.

Segundo Sugai et al. (2007), a implementação da TRF leva a melhoria do setup de forma progressiva e compreende quatro estágios conceituais a saber:

#### 2.5.1.3 Estágio Inicial: Condições de Setup Interno e Externo não se distinguem

No estágio inicial as condições de setup interno e externo não se distinguem. Shingo (2000) propõe que no planejamento da implementação da TRF sejam estudadas as reais condições do chão-de-fábrica por meio de cronometragem das tarefas, entrevistas com os operadores ou filmagem da operação de setup.

#### 2.5.1.4 Estágio 1: Separando Setup Interno e Externo

Este estágio é de grande importância para a implementação da TRF, pois é realizada a separação do setup interno e externo.

Shingo (2000) afirma que, se for feito um esforço para realizar o máximo das operações de setup interno como setup externo, o tempo de setup interno com o equipamento parado pode ser reduzido de 30% a 50%.

Para que as operações de setup interno possam ser realizadas como setup externo, Shingo (2000) sugere três técnicas de grande importância:

A primeira é a utilização de um checklist. Uma lista de todos os componentes e passos necessários em uma operação com o objetivo de verificar se existem erros nas condições operacionais e eliminar testes durante o setup.

A segunda técnica é a verificação das condições de funcionamento. Por meio de uma lista de verificação, deve-se conferir se tudo o que é necessário para a realização do setup está corretamente posicionado, e se todos os itens estão em perfeitas condições de funcionamento ou de uso.

A terceira técnica é a melhoria de transporte de matrizes e de outros componentes. Os componentes, ferramentas, acessórios e insumos necessários para a realização do setup devem ser transportados para o equipamento enquanto a máquina ainda trabalha, ou seja, é uma atividade que deve ser executada como setup externo.

#### 2.5.1.5 Estágio 2: Convertendo Setup Interno em Externo

Neste estágio é feita a conversão de setup interno em externo. De acordo com Shingo (2000), a conversão de setup interno em externo envolve dois tópicos importantes:

- O primeiro é reexaminar as operações para verificar se alguma foi erroneamente considerada como *setup* interno.
- O segundo é encontrar meios para converter estes passos para *setup* externo.
- Para auxiliar a conversão das operações de *setup*, Shingo (2000) sugere:
- Preparação antecipada das condições operacionais: por exemplo, o preaquecimento de elementos que anteriormente eram aquecidos após o início do *setup*, ou seja, algumas condições como pressão e temperatura podem ser realizadas

externamente enquanto o equipamento ainda está produzindo.

- Padronização de funções: a padronização de funções busca homogeneizar apenas as partes cujas funções são fundamentais do ponto de vista da operação de *setup*, de maneira que sejam substituídos o menor número de peças, ferramentas ou acessórios durante a mudança de um *setup* para outro.
- Utilização de guias intermediárias: que permite a fixação e centralização de uma peça em uma determinada guia, enquanto outra peça fixada em outra guia está sendo processada, de forma que o ajuste de ferramentas seja mais preciso e mais ágil.

#### 2.5.1.6 Estágio 3: Racionalizando todos os Aspectos da Operação de *Setup*

Shingo (2000) afirma que neste estágio o objetivo é realizar esforços para a racionalização de cada elemento da operação de *setup* interno e externo para que seja possível alcançar tempos de preparação abaixo de 10 minutos.

Para isso, Shingo (2000) estabelece algumas técnicas que são:

- Melhorias radicais nas operações de *setup* externo: melhorias em armazenagem e movimentação de ferramentas, componentes e acessórios.
- Implementação de operações em paralelo: quando uma única pessoa realiza o trabalho, movimentos são desperdiçados enquanto ela

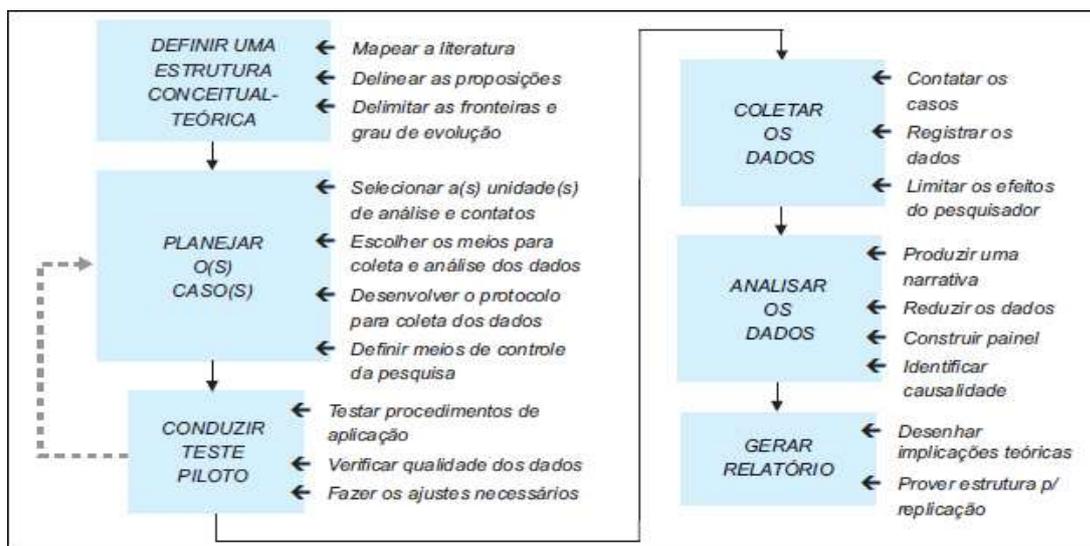
caminha ao redor do equipamento, por exemplo. Segundo Shingo (2000), com o trabalho sendo feito por duas pessoas, uma operação que levaria doze minutos pode ser feita em até quatro minutos, evitando o desperdício de movimentos.

- Uso de fixadores funcionais: são dispositivos de fixação que têm a função de manter objetos no local com o mínimo esforço. O parafuso é um exemplo de fixador funcional.
- Eliminação de ajustes: os ajustes e testes durante o *setup* somam até 50% do tempo. O objetivo principal desta técnica é a eliminação e não apenas a redução no tempo gasto com estes ajustes.
- Sistema de mínimo múltiplo comum: esta é uma técnica de eliminação de ajustes. Os trabalhadores realizam apenas funções requeridas para determinada operação.
- Mecanização: a mecanização só deve ser utilizada depois de esgotadas todas as tentativas de melhoria do *setup*. Exemplos de mecanização são: o uso de empilhadeira para alinhar e inserir matrizes no equipamento, mesas móveis e esteira de roletes para deslocar matrizes.

### 3 Metodologia do estudo

Uma proposta de conteúdo e sequência para a condução de um estudo de caso elaborada por Miguel (2012), está apresentada na Figura 2.

Figura 2 - Condução do Estudo de Caso



Fonte: Miguel (2012)

Segundo Miguel (2012), para que se possam atingir os objetivos da pesquisa, o trabalho deve ser conduzido com rigor metodológico necessário para que se justifique como uma pesquisa.

No estudo de caso relatado neste artigo, procurou-se seguir a proposta de condução do conforme a Figura 2, com o objetivo de se realizar um estudo pautado na confiabilidade e validade.

## 4 Estudo de caso

### 4.1 Situação do setup antes das melhorias

O estudo de caso aqui descrito abordará a ferramenta SMED em uma linha de usinagem composta por equipamentos CNC (controle numérico computadorizado).

Este estudo foi realizado em uma empresa metal-mecânica que atua no segmento de implantes médicos.

A empresa estudada conta com aproximadamente 170 colaboradores e possui o

certificado de Boas Práticas de Fabricação (BPF), conhecido também como GMP (Good Manufacturing Practice).

O estudo foi realizado em um dos equipamentos de uma das linhas de usinagem composta por equipamentos CNC.

Estes equipamentos realizam a usinagem de uma grande variedade de produtos utilizando como principais matérias-primas o titânio e o aço inox.

Devido à grande variedade de produtos, existe uma grande demanda para quantidade de paradas para setup, o que deu origem a este estudo com o objetivo de buscar a diminuição nos tempos de parada para realização do setup.

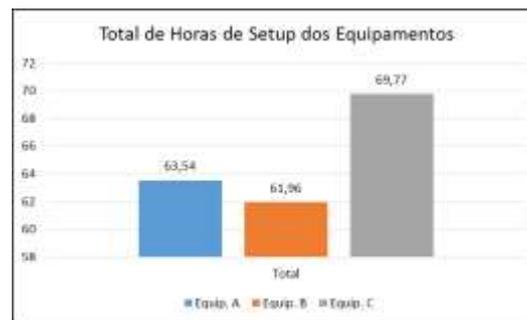
A escolha do equipamento para a aplicação da TRF aconteceu por meio da análise dos tempos de setup realizados durante três meses entre os três equipamentos com maior demanda da linha. A Figura 3 demonstra o total de horas de setup de cada equipamento no período de um mês.

Figura 3 - Total de horas de *setup* no mês por equipamento

Fonte: Empresa estudada

A Figura 4 representa o total de horas de *setup* no período de três meses de cada equipamento. Pode-se observar que o

“Equipamento C” obteve maior número de horas em *setup*.

Figura 4 - Total de horas de *setup* dos equipamentos no período de três meses

Fonte: Empresa estudada

Uma vez definido o equipamento a ser estudado, foi feito o levantamento dos tempos das atividades que compõem o *setup*, por meio de

cronometragem. A Tabela 1 apresenta o detalhamento das atividades para o *setup* do equipamento e seus respectivos tempos.

Tabela 1 - Detalhamento das atividades para o *setup* do equipamento

Nº	Atividade	Tempo	%
1	Realizar apontamento de início de setup	00:00:35	0,43%
2	Buscar desenho do produto e calibradores	00:05:12	3,81%
3	Transferir programa CNC para a máquina	00:04:13	3,09%
4	Localizar chaves e ferramentas necessárias para o setup	00:07:42	5,64%
5	Trocar a pinça do cabeçote 1	00:06:47	4,97%
6	Trocar a bucha-guia	00:06:40	4,88%
7	Trocar a pinça do cabeçote 2	00:02:16	1,66%
8	Trocar posição do alimentador de barras	00:06:55	5,07%
9	Colocar a matéria prima no alimentador de barras	00:01:46	1,29%
10	Buscar insertos de bedame, desbaste, rosca, fresa e broca no almoxarifado	00:12:15	8,97%
11	Montar ferramenta Bedame	00:05:02	3,69%
12	Montar ferramenta Desbaste cabeçote 1	00:05:19	3,89%
13	Montar ferramenta Desbaste cabeçote 2	00:05:15	3,85%
14	Montar ferramenta Broca cabeçote 1	00:03:30	2,56%
15	Montar ferramenta Fresa cabeçote 1	00:03:34	2,61%
16	Montar ferramenta Rosca	00:07:22	5,40%
17	Montar ferramenta Broca cabeçote 2	00:03:55	2,87%
18	Montar ferramenta Fresa cabeçote 2	00:03:47	2,77%
19	Realizar a medição das ferramentas na bancada de medição	00:08:27	6,19%
20	Transportar as ferramentas da bancada de medição para a máquina	00:06:34	4,81%
21	Retirar as ferramentas do ciclo anterior	00:04:48	3,52%
22	Inserir as ferramentas do ciclo atual	00:03:44	2,73%
23	Inserir as medidas das ferramentas na tela de corretores da máquina	00:05:04	3,71%
24	Usinar uma peça, fazer inspeção e correções de acordo com desenho	00:15:17	11,20%
25	Realizar apontamento de fim de setup	00:00:32	0,39%
Total		02:16:31	100,00%

Fonte: Empresa estudada

Foi observado que a realização do setup antes das melhorias propostas estava baseada no setup interno, uma vez que todos os procedimentos eram realizados com o equipamento parado.

Após a fabricação da última peça do lote em produção era realizado, pelo operador, o apontamento do fim de produção. Neste momento era dado início ao setup do equipamento.

De acordo com a Tabela 1 todas as atividades necessárias para a realização do setup somaram de 2 horas 16 minutos e 31 segundos.

Por meio de acompanhamento de cada uma das atividades realizadas durante o setup, do sequenciamento das mesmas e de seus respectivos tempos, foram observadas as perdas geradas nessas atividades, sendo elas:

- Movimento desnecessário para localizar todas as chaves e ferramentas a serem utilizadas durante o *setup*.
- Movimentação do setor de usinagem até o setor de almoxarifado, para requisição das ferramentas a serem utilizadas durante a usinagem.

- Espera pelo atendimento do almoxarifado devido a outro atendimento sendo realizado no momento.
- Transporte das ferramentas da bancada de medição para o equipamento. Foi necessário realizar várias vezes o trajeto para levar as ferramentas da bancada para o equipamento.

#### 4.2 Separação do setup interno e externo

O estudo de todas as atividades realizadas durante o setup permitiu a separação do setup interno e externo, tendo sido possível determinar as atividades que poderiam ser realizadas enquanto o

equipamento ainda estivesse produzindo e as atividades que só poderiam ser realizadas com o equipamento parado, deixando-se de produzir.

As Tabelas 2 e Tabela 3 demonstram a separação dos dois tipos de setup.

Por meio dessa separação, ficou mais nítida a existência de atividades que poderiam ser realizadas sem a necessidade de se parar o equipamento.

Pode-se verificar também que o setup externo consumiu 57,06% do tempo total, enquanto que o setup interno consumiu 42,94% do tempo total.

**Tabela 2** - Atividades do *setup* externo

Nº	Atividade	Tempo	%
2	Buscar desenho do produto e calibradores	00:05:12	3,81%
4	Localizar chaves e ferramentas necessárias para o setup	00:07:42	5,64%
10	Buscar insertos de bedame, desbaste, rosca, fresa e broca no almoxarifado	00:12:15	8,97%
11	Montar ferramenta Bedame	00:05:02	3,69%
12	Montar ferramenta Desbaste cabeçote 1	00:05:19	3,89%
13	Montar ferramenta Desbaste cabeçote 2	00:05:15	3,85%
14	Montar ferramenta Broca cabeçote 1	00:03:30	2,56%
15	Montar ferramenta Fresa cabeçote 1	00:03:34	2,61%
16	Montar ferramenta Rosca	00:07:22	5,40%
17	Montar ferramenta Broca cabeçote 2	00:03:55	2,87%
18	Montar ferramenta Fresa cabeçote 2	00:03:47	2,77%
19	Realizar a medição das ferramentas na bancada de medição	00:08:27	6,19%
20	Transportar as ferramentas da bancada de medição para a máquina	00:06:34	4,81%
Total		01:17:54	57,06%

Fonte: Empresa estudada

Tabela 3 - Atividades do *setup* interno

Nº	Atividade	Tempo	%
1	Realizar apontamento de início de setup	00:00:35	0,43%
3	Transferir programa CNC para a máquina	00:04:13	3,09%
5	Trocar a pinça do cabeçote 1	00:06:47	4,97%
6	Trocar a bucha-guia	00:06:40	4,88%
7	Trocar a pinça do cabeçote 2	00:02:16	1,66%
8	Trocar posição do alimentador de barras	00:06:55	5,07%
9	Colocar a matéria prima no alimentador de barras	00:01:46	1,29%
21	Retirar as ferramentas do ciclo anterior	00:04:48	3,52%
22	Inserir as ferramentas do ciclo atual	00:03:44	2,73%
23	Inserir as medidas das ferramentas na tela de corretores da máquina	00:05:04	3,71%
24	Usinar uma peça, fazer inspeção e correções de acordo com desenho	00:15:17	11,20%
25	Realizar apontamento de fim de setup	00:00:32	0,39%
Total		00:58:37	42,94%

Fonte: Empresa estudada

#### 4.3 Melhorias implementadas com o sistema TRF

Algumas melhorias foram implementadas com o objetivo de reduzir as perdas observadas durante as atividades de *setup*.

Para a atividade nº4, foi montada uma mesa de verificação conforme a Figura 5, com os desenhos

de todas as chaves e ferramentas necessárias para a realização do *setup*. Uma vez que todas as chaves e ferramentas estejam posicionadas sobre o desenho, apenas um simples olhar para a mesa permite determinar a falta de qualquer uma delas.

Figura 5 - Mesa de verificação



Fonte: Empresa estudada

Na atividade nº19 foram elaboradas etiquetas para a anotação das dimensões da

ferramenta no momento em que são realizadas as medições na bancada de medição, o que é

monstrado na Figura 6. A etiqueta é colada em cada uma das ferramentas com suas respectivas

dimensões. Estas dimensões são inseridas na máquina durante a atividade nº23 do setup interno.

**Figura 6** - Etiquetas



**Fonte:** Empresa estudada

Na atividade nº20 foi utilizado um carrinho para facilitar o transporte das ferramentas da bancada de medição para o equipamento, como

demonstra a Figura 7, isso possibilitou que todas as ferramentas pudessem ser transportadas em uma única viagem.

**Figura 7** - Carrinho para transporte



**Fonte:** Empresa estudada

Todas as melhorias permitiram foram realizadas com baixo investimento financeiro e resultaram em ganhos significativos no tempo total de setup.

## 5 Resultados e discussão

### 5.1 Situação do setup após as melhorias

Este estudo deu maior destaque à separação entre as atividades de setup interno e externo, com a aplicação do SMED.

A conversão das atividades 2, 4, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20 para setup externo possibilitaram uma redução de 1 hora, 2 minutos e 45 segundos no tempo total de setup, pois passaram a ser realizadas com o equipamento em produção.

Os dados apresentados na Tabela 4 demonstraram a comparação dos tempos de setup antes e depois das melhorias e a redução do tempo de equipamento parado.

**Tabela 4** - Comparativo dos tempos de *setup* antes e depois e redução do tempo de equipamento parado

Nº	Atividade	T. de Setup Antes	T. de Setup Depois	Redução Tempo de Equip. Parado
1	Realizar apontamento de início de setup	00:00:35	00:00:35	
2	Buscar desenho do produto e calibradores	00:05:12	Setup Externo	00:05:12
3	Transferir programa CNC para a máquina	00:04:13	00:04:13	
4	Localizar chaves e ferramentas necessárias para o setup	00:07:42	Setup Externo	00:01:15
5	Trocar a pinça do cabeçote 1	00:06:47	00:06:47	
6	Trocar a bucha-guia	00:06:40	00:06:40	
7	Trocar a pinça do cabeçote 2	00:02:16	00:02:16	
8	Trocar posição do alimentador de barras	00:06:55	00:06:55	
9	Colocar a matéria prima no alimentador de barras	00:01:46	00:01:46	
10	Buscar insertos de bedame, desbaste, rosca, fresa e broca no almoxarifado	00:12:15	Setup Externo	00:08:27
11	Montar ferramenta Bedame	00:05:02	Setup Externo	00:05:02
12	Montar ferramenta Desbaste cabeçote 1	00:05:19	Setup Externo	00:05:19
13	Montar ferramenta Desbaste cabeçote 2	00:05:15	Setup Externo	00:05:15
14	Montar ferramenta Broca cabeçote 1	00:03:30	Setup Externo	00:03:30
15	Montar ferramenta Fresa cabeçote 1	00:03:34	Setup Externo	00:03:34
16	Montar ferramenta Rosca	00:07:22	Setup Externo	00:07:22
17	Montar ferramenta Broca cabeçote 2	00:03:55	Setup Externo	00:03:55
18	Montar ferramenta Fresa cabeçote 2	00:03:47	Setup Externo	00:03:47
19	Realizar a medição das ferramentas na bancada de medição	00:08:27	Setup Externo	00:08:27
20	Transportar as ferramentas da bancada de medição para a máquina	00:06:34	Setup Externo	00:01:40
21	Retirar as ferramentas do ciclo anterior	00:04:48	00:04:48	
22	Inserir as ferramentas do ciclo atual	00:03:44	00:03:44	
23	Inserir as medidas das ferramentas na tela de corretores da máquina	00:05:04	00:05:04	
24	Usinar uma peça, fazer inspeção e correções de acordo com desenho	00:15:17	00:15:17	
25	Realizar apontamento de fim de setup	00:00:32	00:00:32	
Total		02:16:31	00:58:37	01:02:45

Com base nas teorias abordadas neste artigo, desenvolvidas por Shingo, foram aplicadas algumas técnicas correspondentes aos estágios conceituais.

- No estágio inicial, foram estudadas as reais condições do “chão-de-fábrica” por meio de cronometragem das atividades.
- No estágio 1, foi utilizada uma mesa de verificação (*check table*) que permitiu eliminar o tempo desperdiçado procurando chaves e ferramentas.
- No estágio 2, foi adotada a preparação antecipada das condições operacionais ao realizar a montagem e a medição das ferramentas a serem utilizadas na produção do próximo produto antes do equipamento parar.

Após a separação de setup interno e externo, pode-se observar a economia de 1h 2min 45s no tempo total de setup, que foi reduzido de 2h 16min 31s para 58min 37s, representando uma redução para 45,97% no tempo de setup.

## 6 Considerações finais

O presente trabalho demonstrou a redução do tempo de setup em uma empresa de implantes médicos por meio da ferramenta SMED.

Por meio das melhorias realizadas, principalmente pela conversão das atividades de setup interno em externo, foi possível evidenciar a redução do tempo de setup de 2h 16min 31s para 58min 37s, correspondendo a uma redução para 45,97% no tempo de setup.

A ferramenta SMED desenvolvida por Shigeo Shingo é de fácil entendimento e proporciona a redução dos tempos de setup com soluções simples e de baixo custo.

A adoção desta metodologia em outros equipamentos e demais linhas da empresa poderá trazer um ganho de tempo de equipamentos em produção, fazendo com que a empresa seja mais competitiva no mercado em que atua e mais eficiente no atendimento aos seus clientes.

## Referências

- Anil, G. P., Gangadhar, C. R., Narendra, B. D. (2016). Reduction in setup by single minute exchange of dies (SMED) methodology. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 5(6), 364-366.
- Begam, M. S., Swamynathan, R., Sekkizhar, J. (2013). Current trends on lean management – a review. *International Journal of Lean Thinking*, 4(2), 15-21.
- Calhado, P. M., France, L. D. A., Rocha, Y. B., Oliveira, F. M. V. B., Neto, P. C. O. (2015). Implantação do método de troca rápida de ferramentas no setor de usinagem em uma indústria de autopeças. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, CE, 13-16.
- Cas, F., Silva, M. G., Luz, D. F., Vecchia, R. D. (2013). Redução do tempo de setup através do sistema de troca rápida de ferramentas (TRF): estudo de caso em uma empresa farmacêutica. XX Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru, SP, 04-06.
- Costa, E., Bragança, S., Sousa, R., Alves, A. (2013). Benefits from a SMED application in a punching machine. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 7(5), 951-957.
- Grzybowska, K., Gajdzik, B. (2012). Optymisation of equipment setup process in enterprises. *Metalurgija*. 51, 555-558.
- LEWIS, P.; COOKE, G. (2014). Developing a lean measurement system to enhance process improvement. *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, v. 4, n. 3, p. 145-151.
- Liker, J.K. (2005). O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 320.
- Majava, J., Ojanpera, T. (2017). Lean production development in smes: a case study. *Management and Production Engineering Review*, 8(2), 41-48.
- Miguel, P. A. C., Nakano, D., In: Miguel, P. A. C. (Org.) (2012). Metodologia da Pesquisa Científica

- em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier (ABEPRO), cap. 4.
- 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.
- Ohno, T. (1997). O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 150.
- Pienkowski, M. (2014). Waste measurement techniques for lean companies. *International Journal of Lean Thinking*, 5(1), 9-24.
- Rameez, H. M., Inamdar, K. H. (2010). Areas of lean manufacturing for productivity improvement in a manufacturing unit. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 4(9), 890-893.
- Shingo, S. (2000). Sistema de troca rápida de ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos. Porto Alegre: Bookman, 327.
- Silva, J. P. N., Alsisi, R. B., Costa, F. G. (2016). Aplicação da troca rápida de ferramentas em uma empresa de corte e dobra de aço. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, João Pessoa, PB, 03-06.
- Stadnicka, D. (2015). Setup analysis: combining smed with other tools. *Management and Production Engineering Review*, 6(1), 36-50.
- Sugai, M., Mcintosh, R. I., Novaski, O. (2007). Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. *Gestão & Produção*, 14(2), 323-335.
- Ullatas, B. (2011). An application of SMED methodology. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 5(7), 1194-1197.
- Womack, J.P., Jones, D.T., Roos, D. (2004). A máquina que mudou o mundo. 5 ed, Rio de Janeiro: Campus, 360p.

**Recebido em: 19 abr. 2018 / Aprovado em: 26 set. 2018**

**Para referenciar este texto**

Moraes, A. J. I. de., Santos, L. F. dos., & Bucioli, E. C. (2019). Aplicação dos princípios do SMED para a redução dos tempos de setup em uma empresa de implantes médicos: um estudo de caso. *Exacta*, 17(4), 256-272. <https://doi.org/10.5585/Exacta.v17n4.8589>.