

AUMENTO DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA POR MEIO DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS EM UMA LINHA DE MONTAGEM

Eduardo Xavier¹
Paula Patrícia Ganzer²
Rolando Vargas Vallejos³

Resumo

Diante de um mercado globalizado e extremamente competitivo, torna-se imprescindível para as empresas a adoção das melhores práticas disponíveis no mercado, como por exemplo, os conceitos do *Lean Manufacturing* e técnicas como a metodologia da Troca Rápida de Ferramentas (TRF) para a redução do tempo de *setup*. Ser competitivo não é algo fácil de ser alcançado, pois exige das organizações custos compatíveis com os segmentos de mercado em que atuam, além de aspectos competitivos como qualidade, flexibilidade, prazo de entrega e inovação. Diante deste contexto, este artigo aborda a aplicação da técnica da TRF em uma linha de montagem de placas eletrônicas (LMPE) da empresa Beta Ltda., a qual é considerada um gargalo produtivo. Como resultado foi alcançado uma redução do tempo médio de *setup* de 88 para 58 minutos, correspondendo a 34,09% e um aumento de disponibilidade do equipamento de 5,54%.

Palavras-chave: Troca Rápida de Ferramentas, *Lean Manufacturing*, *Setup*.

Abstract

Facing a highly competitive and globalized market, it becomes imperative for companies to adopt the best practices available in the market, such as the concepts of Lean Manufacturing techniques and the methodology of Rapid Tool (TRF) to reduce the setup time. To be competitive is not easy to achieve, because it requires organizations costs consistent with the market segments in which they operate, and competitive aspects such as quality, flexibility, delivery and innovation. Given this context, this article discusses the application of the technique of TRF in an assembly line of electronic boards (LMPE) company Beta Ltda., Which is considered a bottleneck productive. As a result has been achieved a reduction in the average setup time 88 to 58 minutes, corresponding to 34.09% and an increase of equipment availability of 5.54%.

Keywords: Quick Change Tools, Lean Manufacturing, Setup.

¹ Mestrando em Administração pela Universidade de Caxias do Sul. Graduado em Engenharia de Produção pela Universidade de Caxias do Sul – UCS, Brasil. E-mail: eduardokaster@gmail.com

² Mestranda em Administração pela Universidade de Caxias do Sul. Graduada em Administração de Empresas pelo Centro Superior Cenista de Farroupilha – CESF, Brasil. E-mail: paula.ganzer@gmail.com

³ Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Brasil. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Brasil. Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Técnica de Oruro – UTO, Bolívia. E-mail: rolandovallejos@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

Atualmente estamos inseridos em um mercado globalizado extremamente competitivo e dinâmico, onde critérios competitivos como o custo, a qualidade, o prazo de entrega, a flexibilidade e a inovação, são fatores determinantes para a perpetuação das empresas no mercado, tornando-se cada vez mais necessário o emprego das melhores práticas disponíveis no mercado. Estas, se bem aplicadas, podem proporcionar as empresas um diferencial competitivo em relação à concorrência, permitindo o aumento da lucratividade. Para o sucesso das organizações, as mesmas devem maximizar os resultados de suas operações. No que tange a área produtiva, várias táticas podem ser utilizadas para atingir fatores como o aumento da flexibilidade, a redução do tempo de resposta e a redução dos custos produtivos. Um exemplo de tática a ser utilizada é o emprego de um sistema de produção enxuto, baseado nos princípios do sistema *Lean Manufacturing* (LM) e a utilização de ferramentas específicas para a tomada de decisões, planejamento, desenvolvimento e controle da produção. Para aumentar a competitividade das empresas no mercado, o projeto de sistemas produtivos enxutos, torna-se uma atividade de extrema importância. Estes devem contemplar além dos aspectos técnicos, a eliminação das operações que não agregam valor, o combate às sete perdas do sistema do LM e o estabelecimento de um fluxo contínuo dos produtos (WOMACK; JONES, 1999).

A metodologia da TRF utilizada para redução dos tempos de *setup*, se corretamente aplicada, pode proporcionar as empresas um aumento da eficiência produtiva, de flexibilidade, de capacidade produtiva, redução do *lead time* dos produtos, menores níveis de estoques e menores custos produtivos. A redução dos tempos de *setup* é um dos princípios do sistema LM, sendo indispensável para garantir às empresas uma alta flexibilidade de produção, baixos custos unitários, baixos estoques e um maior nível de controle da qualidade. Atualmente estes fatores são indispensáveis para as empresas competirem em um mercado globalizado, que cada vez mais exige uma grande gama de produtos, com baixos volumes de produção e baixos custos (SHINGO, 2000). Dentro deste contexto de aumento de competitividade e de sistemas enxutos de produção, este artigo propõe a utilização da metodologia da Troca Rápida de Ferramentas (TRF), para a redução do tempo médio de *setup* de uma linha de montagem de placas eletrônicas (LMPE) da empresa Beta Ltda., com o objetivo de atingir um aumento do índice de disponibilidade deste equipamento. O segmento de atuação desta empresa é o de prestação de serviço de montagem de placas eletrônicas para diversos segmentos do mercado, sendo que a mesma possui uma demanda crescente neste segmento, sendo que a implantação de melhorias que reduzam o tempo médio de *setup* da LMPE pode representar ganhos muito significativos, permitindo o aumento do lucro para esta empresa.

2. SISTEMA LEAN MANUFACTURING (LM)

A base do sistema Toyota de Produção (STP) é a absoluta eliminação dos desperdícios, sendo que os pilares necessários à sustentação são o *just-in-time* (JIT) e a Autonomia. JIT significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento necessário e somente na quantidade necessária, sendo que uma empresa que estabelece esse fluxo integralmente pode chegar ao estoque zero (OHNO, 1997). O JIT prega a eliminação total dos desperdícios da produção, fazendo com que os recursos sejam disponibilizados no momento certo, na quantidade exata e no local correto (OHNO, 1997). O conceito parece simples, porém aplicar esta técnica na

plenitude é extremamente difícil, principalmente em países que possuem uma realidade cultural diferente do Japão, como é o caso do Brasil (WOMACK; JONES, 1999).

O sucesso da implantação do JIT depende de se iniciar um processo de mudança cultural nas organizações, para em um segundo momento treinarmos os funcionários e iniciarmos a implantação dos princípios e técnicas de sustentação deste conceito, permitindo o combate eficiente das perdas do sistema produtivo. Segundo o Lean Institute Brasil (2012), as técnicas de sustentação do JIT, são o 5's, o *kaizen*, o TQC, o TRF, o *kanban* e TPM. No JIT a produção deixa de ser empurrada e passa a ser puxada, ou seja, a fabricação dos produtos é puxada pelo mercado (sincronizada com o mercado), sendo a ordem da produção invertida, ou seja, a partir da demanda do produto final, ocorre a geração das ordens de produção dos componentes. A produção puxada contrasta fortemente com a produção empurrada. Nesta última a produção é realizada para a estocagem, para somente depois realizar a venda do produto, enquanto que na produção puxada, a necessidade de fabricação dos produtos é ditada pelo mercado (WOMACK; JONES, 1999). Segundo Ohno (1997), o segundo pilar de sustentação do JIT é a autonomia, que segundo este autor significa conferir às máquinas a capacidade de detectar falhas automaticamente.

2.1 Conceitos Fundamentais de Gargalo, Não Gargalo e CCR

Para Antunes et al. (2008) é preciso diferenciar dois tipos de recursos que restringem o desempenho dos sistemas produtivos: os gargalos e os recursos com capacidade restritiva (CCRs). Segundo Antunes et al. (2008), os gargalos são estruturais e se constituem nos recursos cuja capacidade global é inferior à demanda de mercado, enquanto os CCRs são restrições conjunturais ao desempenho do sistema produtivo. Para Goldratt e Cox (1992) o gargalo é o recurso cuja capacidade é igual ou menor do que a demanda colocada nele, enquanto o não gargalo representa o recurso cuja capacidade é maior do que a demanda colocada nele.

2.2 As Perdas do Sistema Toyota de Produção

Para Ohno (1997), o STP é fundamentalmente baseado na absoluta eliminação dos desperdícios, assim o passo preliminar para a aplicação deste sistema, é a identificação completa dos desperdícios, os quais são classificados por este autor, como: desperdício por superprodução; por espera; por transporte; por processamento em si; por estoque; por movimento; e por produzir produtos defeituosos. Eliminar os desperdícios significa analisar todas as atividades realizadas no sistema de produção e eliminar aquelas que não agregam valor ao produto. A eliminação de tudo que não agrega valor ao produto implica, inicialmente, identificar o que acrescenta valor para o cliente (informações úteis para melhorar o projeto e produção de bens e serviço), e em seguida identificar o que não acrescenta valor (TUBINO, 1999).

2.3 Os Princípios do Sistema Toyota de Produção

Para Shingo (1996) os princípios básicos do STP estão resumidos em: o princípio do não custo, onde o preço de venda é ditado pelo mercado e a obtenção de lucro depende da capacidade da empresa em reduzir o custo de seus produtos; o princípio do estoque zero: a pedra fundamental da eliminação da perda, o que originou o conceito do JIT, permitindo a eliminação das perdas por superprodução; o princípio das operações de fluxo, as quais visam à integração dos processos de produção; o princípio da redução dos tempos de troca de ferramentas, utilizando para isso a técnica de Troca Rápida de Ferramentas (TRF); o princípio da eliminação das quebras e defeitos, com o objetivo reduzir as interrupções da produção e os custos de manutenção, obtido por meio da aplicação da técnica *Total Productive Maintenance*

(TPM); o princípio do balanceamento da produção, buscando eliminar os transtornos causados pelas flutuações de carga, buscando atingir o “estoque zero”; o princípio das operações de fluxo totalmente integradas, sendo alcançadas pela expansão do conceito de operações de fluxo, buscando a superação das barreiras criadas pela divisão do trabalho em plantas e seções; o princípio da redução do custo da mão de obra: a segunda pedra fundamental da eliminação da perda; o princípio da mecanização à automação, a qual consiste em passar as funções manuais às máquinas, conferindo aos mesmos dispositivos que detectam irregularidades e situações anormais; o princípio de manter e desenvolver operações padrão, o qual facilitou a melhoria contínua e acelerou ainda mais o desenvolvimento do sistema; e o princípio do sistema *kanban*, o qual é um sistema de controle visual autorregulado e simplificado, que se concentra no chão de fábrica e faz com que seja possível responder a mudanças na produção de forma simples e rápida.

2.4 O Princípio da Redução dos Tempos de Setup

Moura e Banzato (1996) definem *setup* como sendo todas as tarefas necessárias desde o momento em que se tenha completado a última peça do lote anterior até o momento em que, dentro do coeficiente normal de produtividade, se tenha feita a primeira peça do lote posterior. Para Slack (1997) o *setup* é definido como o tempo decorrido na troca do processo do final da produção de um lote até a produção da primeira peça boa do próximo lote. *Setup* é o conjunto de tarefas necessárias para a mudança de produção de um lote de produtos X para a produção de um lote de produtos Y, desde o momento em que se termina de produzir a última peça de X até o momento de produção do primeiro Y nas condições de qualidade determinadas (BURGER, 2004, p.40). De acordo com Lean Institute Brasil (2012), *setup* é o processo de mudança da produção de um item para outro em um mesmo equipamento que exija troca de ferramenta e/ou dispositivo, sendo então, compreendido entre a última unidade produzida de um ciclo até a primeira unidade com qualidade, do ciclo seguinte. Na Figura 1 está ilustrado o ciclo da operação de *setup*.

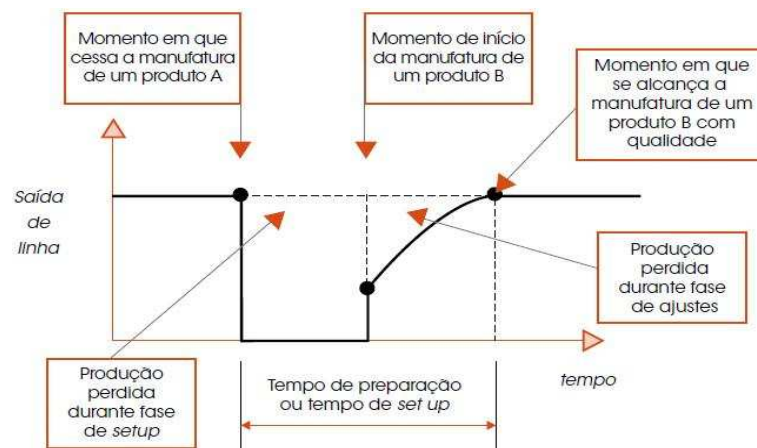


Figura 1 – O Conceito de Tempo de *Setup*
Fonte: Bacchi; Sugai; Novaski (2005)

Para Black (1998) a sequência de atividades típicas de um *setup* consiste em: trocar as ferramentas da máquina ou equipamento, produzir algumas peças, inspecionar as mesmas, ajustar a máquina, fabricar outra amostra, medir, ajustar e assim por diante, até que peças com qualidade aceitável sejam produzidas, podendo gerar sucata e retrabalho. Na Figura 2 estão ilustradas as atividades que compõem a operação de *setup*.

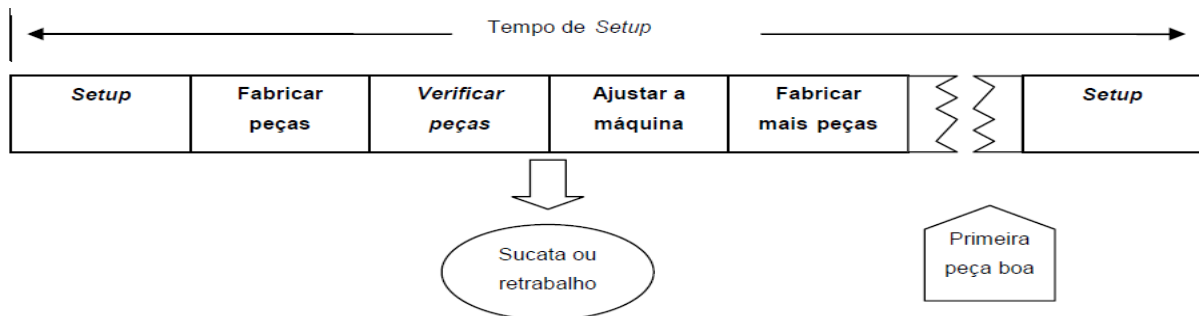


Figura 2 – Elementos do *Setup*
Fonte: Black (1998)

Definido o conceito de *setup*, torna-se mais fácil compreender o conceito de Troca Rápida de Ferramentas (TRF). Segundo Shingo (1996), TRF pode ser definida como a mínima quantidade de tempo necessária para mudar de um tipo de atividade para outro, considerando a última peça em conformidade, fabricada em um lote anterior, até a primeira peça em conformidade, produzida no lote seguinte.

2.5 Histórico da TRF

Em 1950, passados 13 anos da fundação da *Toyota Motor Company*, a empresa tinha como meta a equiparação com os Estados Unidos da América em 3 anos. Nesta época a Toyota produzia menos da metade do que a Ford produzia num só dia, ou seja, 2.685 automóveis para 7.000 (WOMACK; JONES, 1999). Dentro deste cenário, o engenheiro Eiji Toyoda realizou uma visita à fábrica da Ford de Rouge, nos Estados Unidos, a qual era considerada a maior e mais eficiente do mundo na época. De acordo com Womack e Jones (1999), Toyoda percebeu que era possível melhorar o sistema de produção da Toyota, mas que o modelo de produção da Ford, revelava-se de difícil transferência para a realidade do Japão. Após o retorno de Eiji Toyoda ao Japão, este, juntamente com seu engenheiro, Taiichi Ohno, concluiu que a produção em massa jamais funcionaria em seu país. Segundo Womack e Jones (1999), a partir destas análises e deduções iniciais surgiram os primeiros *insights* do Sistema Toyota de Produção (STP). Ohno (1997) afirma que os esforços para construir o STP, se baseavam também na necessidade de descobrir um novo método de produção que eliminasse o desperdício e que auxiliasse na tarefa de alcançar os Estados Unidos. Um aspecto fundamental identificado na época foi à necessidade de buscar rápidas respostas da produção para pequenos lotes, sem que houvesse comprometimento de custos ou qualidade (OHNO, 1997). Com isso, em 1955 foi contratado o consultor Shigeo Shingo para desenvolver técnicas de troca rápida de ferramentas e divulgá-las aos fornecedores da Toyota. O desenvolvimento do conceito da TRF levou 19 anos e surgiu como resultado de estudos de aspectos teóricos e práticos da melhoria do tempo *setup*.

Shingo (2000) distingue três etapas para o desenvolvimento da metodologia, que são:

- a) primeira etapa: ocorreu na planta da *Mazda Toyo Kogyo* em 1950 na cidade de Hiroshima. Ao analisar as atividades de troca de matrizes de uma prensa, Shingo identificou e classificou como *setup* interno o conjunto de atividades realizadas com a máquina parada, e *setup* externo como o conjunto de operações realizadas com máquina em funcionamento;
- b) segunda etapa: ocorreu no estaleiro da *Mitsubishi Heavy Industries*, em Hiroshima no ano de 1957, na qual foi realizada a duplicação de ferramentas para que o *setup* fosse feito separadamente, resultando em 40% de aumento na produtividade;

- c) terceira etapa: ocorreu em 1969 na *Toyota Motors Company*, em que cada operação de *setup* de uma prensa de 1.000 toneladas exigia quatro horas de trabalho, enquanto que uma prensa similar da *Volkswagen* na Alemanha exigia apenas duas horas. Em uma primeira fase de seu trabalho de consultoria, Shingo conseguiu uma redução desse tempo para 90 minutos.

Segundo Shingo (2000), os esforços para a redução do tempo de *setup* continuaram, gerando o conceito de conversão de *setup* interno em externo, isto é, a transferência de algumas atividades com a máquina parada para o momento que esta estivesse em funcionamento. Dessa forma, houve uma redução do tempo de máquina parada, atingindo três minutos. Segundo Womack e Jones (1999), Shingo criou sua metodologia, que na versão em inglês recebeu a sigla SMED, iniciais de “*Single Minute Exchange of Die*”. Esta sigla traz um conceito e uma meta de tempo: troca de ferramentas em menos de dez minutos.

2.6 O Paradigma da Compensação entre o Tamanho de Lote e Tempo de Setup

De acordo com Santos (1999), um argumento comum contra os tamanhos de lotes pequenos é o aumento no número de *setups*. Usando a lógica econômica clássica do tamanho do lote, o pensamento tradicional propõe um limite fixo no relacionamento entre o número de *setups* e os custos totais de fabricação. Conforme ilustrado na Figura 3, o pensamento tradicional erroneamente supõe que o tempo e o custo gasto no *setup* são fixos.

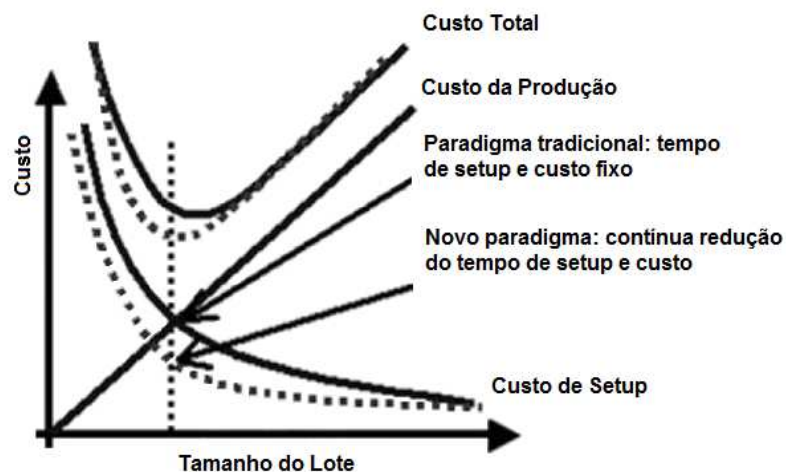


Figura 3 – O Paradigma Tradicional do Tempo de *Setup*

Fonte: Santos (1999)

Segundo Santos (1999), uma das regras tradicionais do tamanho do lote é o *trade off* entre um custo de *setup* fixo e os custos adicionais decorrentes de uma produção crescente, que se nivelariam. O conceito de lote econômico está correto em sua lógica, mas este mesmo conceito está embasado no modelo tradicional de que as reduções significativas de tempos de *setup* não são possíveis. Tal paradigma é desafiado pela aplicação do método SMED (SHINGO, 2000).

3. O MÉTODO SMED

O método de troca rápida de ferramentas desenvolvido por Shigeo Shingo, o SMED, consiste em reduzir o tempo de *setup* para um valor em minutos de no máximo um dígito, ou seja, para um tempo inferior a 10 minutos. Segundo Shingo (1996), todo o tempo de *setup* que exercer a um dígito de minuto é um desperdício. Para Shingo (2000), o tempo de *setup* é fragmentado em dois tipos, sendo eles: *setup* interno: se refere às operações que somente

podem ser realizadas quando a máquina estiver parada e *setup* externo: se refere às operações que podem ser realizadas enquanto a máquina ainda está em operação.

De acordo com Shingo (2000), os estágios do método SMED são: (i) estágio preliminar: identificação das operações e tempos que compõe o *setup*. Este estágio consiste em identificar e coletar os tempos de todas as atividades que compõe a operação de *setup*, não diferenciando as operações de *setup* interno e externo. Para isso, pode ser realizada uma análise continua dos tempos das atividades que compõe a operação de *setup* com o uso de um cronômetro, podendo ser utilizado filmagem para uma análise mais detalhada. (ii) estágio 1: separação das operações de *setup* interno e externo. Este estágio é considerado o passaporte para se atingir o SMED. Neste estágio todas as atividades da operação de *setup* são analisadas e classificadas como operações que são realizadas com a máquina parada ou em operações que são realizadas com a máquina em funcionamento, ou seja, nesta etapa as atividades do *setup* são classificadas em operações de *setup* interno ou externo; (iii) estágio 2: conversão de *setup* interno em externo. Neste estágio são analisadas quais as operações de *setup* interno podem ser convertidas em *setup* externo. As operações que são realizadas como *setup* interno podem geralmente ser convertidas em *setup* externo reexaminando a sua real função. Isto significa que muitas operações que são efetuadas durante o período não produtivo da máquina, podem ser remanejadas para os momentos de produtividade da mesma e (iv) estágio 3: racionalização das operações de *setup*. O nome escolhido por Shingo (1996) para intitulá-lo não é muito fácil de traduzir. No original em inglês está nomeado como “*streamlining all aspects of the setup operation*” e a tradução para o português do seu livro ficou como: racionalizando todos os aspectos do *setup*. Dentro deste contexto, a palavra racionalização não é a mais adequada, pois pode induzir a considerar esta fase como fixação de métodos ou procedimentos. Neste estágio deverá ser feito um exame das operações de *setup* interno e externo observando assim oportunidades adicionais e melhoria (SHINGO, 2000).

4. ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL (IROG)

O conceito de eficiência dos equipamentos foi formulado durante o desenvolvimento da técnica *Total Productive Maintenance* (TPM), sendo a terminologia IROG desenvolvida por Nakajima (1988). De acordo com Antunes et al. (2008), a Equação (1) apresenta uma fórmula para o cálculo do IROG, que pode ser obtido através do produto do Índice do Tempo Operacional (ITO) pelo Índice de Performance Operacional (IPO) e pelo Índice de Produtos Aprovados (IPA). Antunes (2008, p. 179) apresenta na Equação 1 o cálculo do IROG dos postos de trabalho.

$$\mu_{global} = \frac{\sum_{i=1}^n tp_i \cdot q_i}{T} \dots\dots\dots(1)$$

onde:

- a) tp = tempo de ciclo ou tempo padrão de um produto x ;
- b) q = quantidade do produto x ;
- c) T = tempo disponível.

Segundo Antunes et al. (2008) o cálculo de μ_{global} apresentado na Equação 1 também pode ser expresso pela Equação 2.

$$\mu_{global} = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3 \dots\dots\dots(2)$$

onde:

- a) μ_1 = índice de tempo operacional – ITO;
- b) μ_2 = índice de performance operacional – IPO;
- c) μ_3 = índice de produtos aprovados – IPA.

Para Antunes et al. (2008, p. 179) “o ITO corresponde ao tempo em que o equipamento ficou disponível, excluindo-se as paradas não programadas. Está relacionado, portanto, com a paralisação do equipamento, isto é, quando a velocidade do mesmo cai à zero”, sendo calculado pela Equação 3.

$$\mu_1 = \frac{\text{tempo_total} - \sum \text{tempo_para das}}{\text{tempo_total}} \dots\dots\dots(3)$$

onde:

- a) tempo total = corresponde ao tempo total programado (tempo disponível);
- b) tempo paradas = corresponde ao tempo de paradas não programadas.

Segundo Antunes et al. (2008), quanto menor for o valor do ITO, maior será o potencial de aumento de utilização do posto de trabalho, pois um baixo valor indica que o equipamento sofreu muitas paradas não programadas. Para Antunes et al. (2008, p. 180), o IPO corresponde à performance do recurso, sendo calculado em função do tempo disponível, da redução da velocidade do mesmo, operação em vazio e paradas momentâneas. Está relacionado, portanto, com a queda de velocidade do recurso (velocidade diferente da nominal e diferente de zero), sendo calculado pela Equação 4.

$$\mu_2 = \frac{\text{tempo_total} - \sum \text{queda_velocidade}}{\text{tempo_total}} \dots\dots\dots(4)$$

Para Antunes et al. (2008, p. 180), existem basicamente duas causas para que o IPO tenha um valor baixo, são elas: (i) causas técnicas, como por exemplo, operação em vazio por falta de alimentação de peças (não ocorrendo, neste caso, tempo de agregação de valor) ou tempo de ciclo muito alto, com consequente redução da velocidade de processamento, em função da falta de treinamento do operador; (ii) falta de anotação no diário de bordo, que ocorre quando o operador não registra os motivos das paradas, por exemplo, muitas micro paradas não são registradas pelo operador, mas o somatório das mesmas acaba ocasionando um tempo de paralisação elevado, influenciando diretamente para um baixo valor do índice. Com relação ao IPA, Antunes et al. (2008, p. 181) coloca que este índice está relacionado com a qualidade das peças produzidas, sendo calculado em função do tempo de operação real, excluindo o tempo gasto com refugo e/ou retrabalho, por meio da Equação 5.

$$\mu_3 = \frac{\text{tempo_operação_real} - \sum \text{tempo(refugo + retrabalho)}}{\text{Tempo_operação_real}} \dots\dots\dots(5)$$

A produção horária determina a quantidade de peças produzidas em um determinado posto de trabalho durante o período de uma hora. A questão importante acerca da produção horária consiste no fato de que esta indica a quantidade que deveria ser produzida em uma hora, com eficiência de produção de 100% (ANTUNES et al., 2008).

5. METODOLOGIA

Para este artigo foi aplicado o estudo descritivo com abordagem qualitativa, operacionalizado por meio de um estudo de caso. Segundo Sampieri et al. (2006) o estudo descritivo tem por objetivo a coleta e a medição de informações de forma independente ou conjunta sobre os conceitos que se referem. O método qualitativo é importante para uma abrangência holística em contextualizar o ambiente de modo interpretativo e detalhado (SAMPIERI et al., 2006). Segundo Richardson (1989), a abordagem qualitativa é utilizada principalmente quando se procura entender a natureza de determinado fenômeno social, neste caso, as mudanças organizacionais que constituem inovações. Para Van Maanen (2006) os métodos qualitativos se apropriam de técnicas interpretativas que procuram descrever os significados e não a frequência de determinados fenômenos observados no ambiente social. Neste mesmo sentido, o estudo de caso segundo Yin (2010) apresenta questões do tipo “como” e “por que”, que são explicativas que tratam de relações operacionais que ocorrem ao longo do tempo, o que proporciona lidar com ampla variedade de evidências, tais como, observação, documentos, entrevistas e outros.

Baseado na metodologia SMED e na visão dos gestores da empresa Beta, foi proposta uma metodologia para atender de forma satisfatória a implantação do método da TRF na LMPE da empresa Beta Ltda., conforme apresentado na Figura 4. Esta metodologia leva em consideração os conceitos do método Shingo para a redução do tempo de *setup* e aspectos como: a formação de uma equipe de projeto, o planejamento das atividades, o método ou procedimento de *setup* que será adotado e a utilização de indicadores de desempenho.

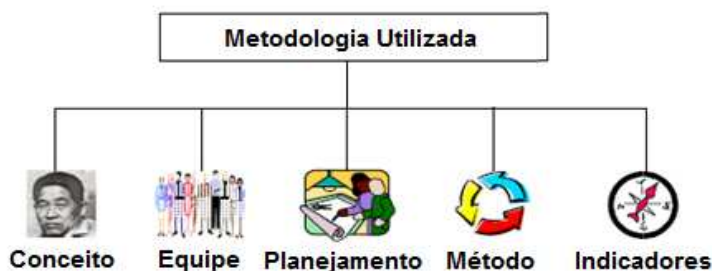


Figura 4 – Metodologia Adotada para a Implantação da TRF
Fonte: Adaptado de Seidel (2003)

6. ESTUDO DE CASO

Este artigo trata da implantação da metodologia da TRF, apresentada na Figura 4, em uma LMPE da empresa Beta Ltda., localizada na cidade de Porto Alegre – RS, Brasil, a qual atua no segmento de serviço de montagem de placas eletrônicas para diversos segmentos de mercado, como: informática, indústria automotiva, telefonia e energia elétrica. Esta LMPE opera com a tecnologia de montagem SMT (*Superficial Mounting Technology*), sendo esta considerada um gargalo produtivo, o qual opera com um amplo *mix* de produtos e baixos volumes de produção, exigindo com isso um elevado número de *setups*.

6.1 Estrutura da LMPE

A LMPE é composta pelos equipamentos ilustrados na Figura 5 e requer 3 funcionários para a realização do *setup* e um para manter a mesma em funcionamento. Ao operador que opera a LMPE são atribuídas às atividades de reposição dos rolos de componentes eletrônicos nas insersoras, reposição de pasta de solda na máquina *screen printer* e abastecimento das placas de circuito impresso (PCIs) no alimentador.

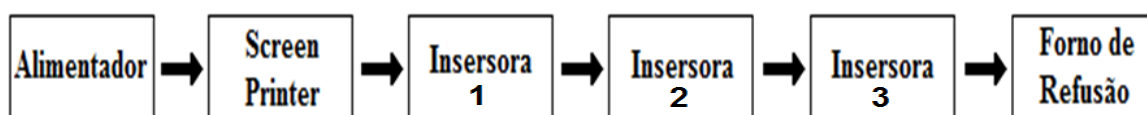


Figura 5 – Composição da LMPE
Fonte: Empresa Beta (2012)

6.2 Dados da LMPE Antes da Implantação do Método da TRF

Na Tabela 1 estão apresentados os dados da LMPE antes da implantação da metodologia de TRF ilustrada na Figura 4, sendo estes referentes ao mês de Maio de 2010.

Tabela 1 – Dados da LMPE Antes da Intervenção

Turnos de produção	3
IROG (%)	25
Tempo médio de <i>setup</i> (min)	88
Número médio mensal de <i>setups</i>	65
Perda de eficiência global por <i>setup</i>	16,32

Fonte: Empresa Beta (2012)

Podemos observar na Tabela 1, que a LMPE apresenta um IROG de 25%, muito baixo quando comparado com algumas empresas que adotaram a filosofia LM. A principal causa de perda de eficiência da LMPE é a parada para *setup*, que corresponde a 16,32% do tempo disponível, gerando como consequências elevados custos, devido à empresa operar com um turno adicional de produção; elevado *lead time* dos produtos e uma baixa flexibilidade de produção.

6.3 Formação e Capacitação da Equipe de Projeto

Para a implantação da técnica da TRF na LMPE, foi necessária a criação de uma equipe multifuncional, que agregasse comprometimento, conhecimentos técnicos e as habilidades necessárias. A equipe foi composta por dois operadores de produção; três preparadores de máquinas; um analista de métodos e processos; um supervisor de produção; um supervisor de engenharia e pelo gerente de produção, os quais receberam um treinamento sobre o conceito de TRF antes no início da implantação da metodologia da TRF.

6.4 Filmagem, Análise e Classificação das Atividades da Operação de *Setup*

Definida e treinada a equipe de projeto, foi definido um produto “padrão” que teve seu processo de *setup* filmado. Depois de realizada a filmagem, esta equipe se reuniu para analisar todas as atividades que compunham o *setup*, separando as operações de *setup* interno do externo. Foi possível observar que 34,54 minutos (27,41% do tempo total de *setup*) foi destinada a operação de *setup* externo e 91,47 minutos ao interno (72,59% do tempo total de *setup*). A operação de *setup* foi realizada por um preparador de máquina e um operador. A primeira operação correspondeu à preparação de todos os materiais necessários para a execução da ordem de produção na LMPE, sendo esta classificada como *setup* externo, ou seja, esta operação era realizada com a LMPE em funcionamento. As outras operações do *setup* foram classificadas como *setup* interno, sendo realizado com a LMPE parada. Foi possível constatar que o preparador se manteve ocioso por 47,68% do tempo de *setup*, enquanto o operador se manteve sobrecarregado. Isso ocorreu devido à falta de uma estrutura física para que os mesmos realizassem simultaneamente a carga e a descarga dos componentes nas estações das máquinas insersoras e o ajuste dos programas de inserção de componentes eletrônicos. Foi possível verificar que além da ociosidade do preparador de máquinas, existiu um alto tempo despendido nas operações de carga e descarga das estações, as quais eram

realizadas totalmente com as máquinas paradas, devido à falta de estações de carga sobressalientes para a preparação prévia dos componentes. Também foi constatada a falta de capacitação técnica do operador que realizava o *setup* interno juntamente com o preparador, na atividade de ajuste dos programas das insersoras.

6.5 Ações para a Redução do Tempo de *Setup*

Foram planejadas e implantadas as seguintes ações para a redução do tempo de *setup* da LMPE, são elas: (i) aquisição 20 estações sobressalientes para componentes eletrônicos, o qual permitiu eliminar o tempo de *setup* interno, por meio da conversão total do mesmo em *setup* externo; (ii) montagem de uma estrutura de *preset* para as estações de componentes, a qual foi construída para a preparação prévia das estações de componentes eletrônicos e do carro de acoplamento rápido das estações utilizado na insersora 2, que é o único equipamento que permite utilizar estes recursos (iii) aquisição de dois carros de troca rápida de componentes, que permitiu reduzir o tempo de *setup* interno, por meio da conversão parcial do mesmo em externo (iv) elaboração do novo procedimento de *setup*, que teve como objetivo definir detalhadamente o novo procedimento de *setup* (vi) treinamento de operadores e preparadores no procedimento de *setup*; (vii) aquisição de um contenedor para a armazenagem de PCIs e (viii) implantação do procedimento de *setup*.

6.6 Avaliação dos Resultados

Na Tabela 2 está apresentado um comparativo dos os dados da LMPE antes e após a implantação da metodologia de TRF proposta neste artigo.

Tabela 2 – Comparativo dos Dados da LMPE Antes e Após a Intervenção

Dados	Antes da intervenção (maio/2010)	Após a intervenção (novembro/2010)
Turnos de produção	3	2
Quantidade de <i>setups</i> por período	65	68
Período de análise (dias)	31	30
Quantidade média de <i>setups</i> por dia	2,1	2,3
Tempo total mensal de parada por <i>setup</i> (min.)	5.709	3.811
Tempo médio diário de parada por <i>setup</i> (min.)	184,16	127,03
Tempo médio de <i>setup</i> (min.)	88	56
Eficiência produtiva média (%)	25	38
Perda de eficiência produtiva por <i>setup</i> (%)	16,32	10,78

Fonte: Empresa Beta (2012)

Analisando a Tabela 2, podemos concluir que após a implantação da técnica da TRF na LMPE, houve uma redução de 32 minutos no tempo médio de *setup* no mês de Novembro de 2010, que representa uma redução de 36,36%. Podemos perceber que a frequência média de *setups* diária manteve-se praticamente inalterada, significando que o número de *setups* realizado nos períodos de análise, não influenciou significativamente no cálculo dos tempos médios de *setup*. Também é possível analisar que houve uma redução de 31,02% no tempo médio diário de paradas por *setup* na LMPE. Para concluir a análise da Tabela 2, é importante destacar que houve um aumento do IROG da LMPE de 13%. Este resultado certamente sofreu influência da redução do tempo médio de *setup*, porém variações dos tempos de outros motivos de paradas influenciaram na redução deste índice. Para calcular corretamente o percentual de aumento do IROG que a implantação da técnica da TRF proporcionou a LMPE, foi calculado o percentual de perda de eficiência produtiva causado pelas paradas por *setup*

sobre o IROG dos meses de Maio e Novembro de 2010, dividindo o tempo total de paradas para *setup* pela quantidade de horas disponíveis, resultando em uma perda de eficiência produtiva por *setup*. Por meio da Tabela 2, podemos perceber que a implantação da metodologia da TRF, proporcionou um aumento real no IROG da LMPE de 5,54%, o que implica em um aumento de disponibilidade da LMPE de 32 horas e 38 minutos no mês de Novembro de 2010.

7. CONCLUSÃO

Com a aplicação da metodologia da TRF na LMPE, foi possível aumentar a eficiência produtiva (IROG) da LMPE. Este aumento do IROG foi obtido por meio da redução do tempo médio de *setup*, que passou de 88 para 56 minutos, representando uma redução de 36,36%. Estes tempos foram levantados a partir dos dados registrados no IROG da LMPE nos meses de Maio e Novembro de 2010 respectivamente. A redução do tempo médio de *setup* impactou em um aumento de 5,54% do IROG da LMPE, gerando um aumento de disponibilidade de 32 horas e 38 minutos no mês de Novembro de 2010 e foi alcançada de duas formas. A primeira forma ocorreu com a conversão total dos tempos de *setup* interno em externo das atividades relacionadas à máquina *screen printer* e através da conversão parcial dos tempos de *setup* interno em externo das atividades relacionadas às insersoras de componentes. A segunda forma ocorreu com a redução e racionalização dos tempos de *setup* interno das três insersoras de componentes existentes na LMPE. Baseado nos dados mencionados é possível concluir que com a implantação da técnica da TRF na LMPE da empresa Beta Ltda., a mesma obteve um aumento de capacidade produtiva e um aumento de flexibilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, J.; ALVAREZ, R.; KLIPPEL, M.; BORTOLOTTI, P.; PELLEGRIM, I. (2008). **Sistema de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman.
- BURGER, M. (2004). **O balanced scorecard no monitoramento do desempenho do processo de implementação da produção enxuta: um estudo de caso**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife.
- BACCHI, M. D. N.; SUGAI, M.; NOVASKI, O. (2005). **Proposta de modelo de tomada de decisão para aplicação da metodologia SMED**. In: Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru, São Paulo, p. 1-12.
- BLACK, J. T. (1998). **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: Artes Médicas.
- GOLDRATT, E. M.; COX, J. (1992). **The goal: a process of ongoing improvement**. 2. Ed., New York: North River Press.
- LEAN INSTITUTE BRASIL. (2012). **As técnicas de sustentação do JIT**. Disponível em: <<http://www.leaninstitute.org.br>>. Acesso em: 04 set. 2012.

MOURA, R. A.; BANZATO, E. (1996). **Redução do tempo de *setup*: troca rápida de ferramentas e ajustes de máquinas**. São Paulo: IMAM.

NAKAJIMA, S. (1988). **Introduction to TPM: total productive maintenance**. Cambridge, MA: Productivity Press.

OHNO, T. (1997). **O sistema toyota de produção além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Artes Médicas.

SANTOS, A. (1999). **Application of flow principles in the production management of construction sites**. PhD Thesis of School of Construction and Property Management, Salford, England.

RICHARDSON, R. J. (1989). **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 2. Ed., São Paulo: Atlas.

SAMPIERI, R.; COLLADO, C.; LUCIO, P. (2006). **Metodologia de pesquisa**. 3. Ed., São Paulo: McGraw-Hill.

SEIDEL, A. (2003). **No sentido da implementação de um programa de troca rápida de ferramentas (TRF): um estudo de caso de uma empresa fornecedora de componentes para montadoras da indústria automotiva nacional**. Dissertação de Mestrado em Administração, Universidade do Vale dos Sinos, São Leopoldo-RS, Brasil.

SHINGO, S. (1996). **O sistema toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman.

_____. (2000). **Sistema de troca rápida de ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos**. 5. Ed. Porto Alegre: Bookman.

SLACK, N. (2002). **Administração da Produção**. 2. Ed., São Paulo: Atlas.

TUBINO, D. F. (1999). **Sistemas de produção: a produtividade no chão de fábrica**. Porto Alegre: Bookman.

YIN, R. K. (2010). **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4 Ed., Porto Alegre: Bookman.

VAN MAANEN, J. (2006). **Ethnography then and now**. Qualitative Research in Organizations and Management: An International Journal, Vol. 01 No. 01, p.13-21.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. (1999). **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 5. Ed., Rio de Janeiro: Campus.