

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**Bruno Hermes de Andrade**

**Melhoria de *setup* através da troca rápida de ferramenta: aplicação em  
uma empresa metalúrgica**

São Carlos

2016

Bruno Hermes de Andrade

Melhoria de *setup* através da troca rápida de ferramenta (SMED): aplicação em uma empresa metalúrgica

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de especialista em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Freitas Rentes

São Carlos  
2016

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO,  
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS  
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

A553m Andrade, Bruno Hermes de  
Melhoria de setup através da troca rápida de  
ferramenta: aplicação em uma empresa metalúrgica /  
Bruno Hermes de Andrade; orientador Antônio Freitas  
Rentes. São Carlos, 2016.

Especialização (Especialização em Engenharia de  
Produção) -- Escola de Engenharia de São Carlos da  
Universidade de São Paulo, 2016.

1. Ferramentas Lean . 2. Empresa Metalúrgica. 3.  
SMED (Single Minute Exchange of Dies) . 4. TRF (Troca  
Rápida de Ferramenta). I. Título.

## **Folha de julgamento**

Elaborada pela seção de graduação ou pós-graduação da Instituição de Ensino

## **DEDICATÓRIA**

Este trabalho é dedicado à minha família, namorada e amigos que sempre me incentivaram e apoiaram para a conclusão do trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer primeiramente à Deus por esta oportunidade, e que sempre iluminou meu caminho. Também agradecer aos professores e amigos de profissão que me orientaram e aconselharam durante toda a elaboração deste trabalho.

## **EPIGRAFE**

“No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade.”  
**Albert Einstein**

## RESUMO

ANDRADE, B.H. **Melhoria do *setup* através da troca rápida de ferramenta: aplicação em uma empresa metalúrgica.** 40f. Monografia (Especialização) - Departamento de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos- Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

Esse trabalho tem como objetivo aplicar uma das ferramentas Lean em uma empresa metalúrgica em seus tornos CNC (Controle Numérico Computadorizado), para redução do tempo de *setup*. Nesse estudo de caso a ferramenta a ser usada é o SMED (Single Minute Exchange of Dies) ou TRF (Troca Rápida de Ferramenta), criada por Shigeo Shingo em 1950. A redução do tempo de *setup* nos tornos CNC permite a empresa fazer lotes menores de peças e conseqüentemente deixar seus processos mais constantes e flexíveis, maior eficiência na utilização dos recursos, diminuir processos inapropriados e redução dos custos com estoque. A metodologia consiste em estruturar e organizar as etapas para fabricação das peças, transformar o *setup* interno em externo, e eliminar o que sobrou dos ajustes. Outra ferramenta Lean, o 5s, também é utilizado para complementar a eficiência da TRF. Toda essa metodologia é descrita e aplicada ao longo desse trabalho, mostrando as etapas e os resultados obtidos.

**Palavras-chave:** SMED. Troca Rápida de ferramenta. Lean. CNC. *setup*

## ABSTRACT

ANDRADE, B.H. **Setup improvement through rapid tool change: application in a metallurgical company.** xxf. Monograph (Specialization) - Department of Production Engineering, School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2016.

This work aims to apply one of the Lean tools in a metalworking industry and its CNC lathes (Computer Numeric Control), to reduce the setup time. In this study of case, the tool used was the SMED (Single Minute Exchange of Dies) and TRF (Quick Change Tool), created by Shigeo Shingo in 1950. The reduction of the setup time on CNC lathes, allows the company to make lots of smaller parts and consequently leave its processes more constant and flexible, more efficient in the use of resources, reducing inappropriate processes and also the reduction of inventory costs. The methodology is to structure and organize the steps for manufacturing the parts, turning the internal into external setup and to eliminate what was left of the settings. Another lean tool, the 5s, is also used to complement the effectiveness of TRF. All this methodology is described and applied throughout this work, showing the steps and results.

**Key-words:** SMED. Quick change tool. Lean. CNC. *setup*

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Visão macro do STP	13
FIGURA 2 – Símbolos do MFV	16
FIGURA 3a – Programação semanal	26
FIGURA 3b – Programação semanal	26
FIGURA 4 – Antes da implementação do 5S	27
FIGURA 5 – Suporte para peças	28
FIGURA 6 – Suporte para peças	28
FIGURA 7 – Suporte para brocas	29
FIGURA 8 – Tempo de troca de ferramentas	30
FIGURA 9 – Gráfico de comparação	31
FIGURA 10 – Material dúctil	32
FIGURA 11 – Material duro	33
FIGURA 12 – Melhoria de insertos	35

## **LISTA DE GRÁFICOS**

GRÁFICO 01 –Gráfico de comparação

31

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>13</b>
2.1. HISTÓRIA DA PRODUÇÃO ENXUTA: SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO .....	14
2.1.2. Os dois pilares do STP: Just-in-time e autonomia .....	14
2.2. OS SETE DESPERDÍCIOS DA PRODUÇÃO.....	16
2.3. FERRAMENTAS LEAN .....	18
2.3.1. Mapa de Fluxo de Valor (MFV).....	18
2.3.2. Trabalho Padronizado.....	19
2.3.3 Fluxo Contínuo.....	20
2.3.4 Cinco “S” .....	21
2.3.5 Redução de Setup .....	22
<b>3. ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>25</b>
3.1 SITUAÇÃO ATUAL .....	26
3.2 PROJETO DE MELHORIA.....	27
3.3 APLICAÇÃO DO PROJETO .....	28
3.3.1 Sequenciamento da Ordem de Fabricação.....	28
3.3.2 Implantação do 5S .....	30
3.3.3 Melhoria do Setup .....	32
3.3.4 Melhoria nos Processos de Usinagem .....	35
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Empresas no mundo todo buscam cada vez mais aperfeiçoarem seus sistemas de produção com o objetivo de melhorar seus processos e poder competir em um mercado onde a concorrência é grande em todos os setores.

A grande exigência de seus clientes faz com que seja imprescindível manter a qualidade dos produtos e ao mesmo tempo fabricar de forma mais eficiente, usando menos recurso possível e diminuir sempre que possível o tempo de fabricação.

Com essa visão que a Toyota a partir de 1948 começou a implementar o Sistema Toyota de Produção designado por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, onde se buscava aumentar a produtividade e torná-la mais eficiente, eliminando desperdício de produção, tempo de espera, processos inapropriados, gargalos de transportes e inventários desnecessários.

As melhorias para esses problemas foram obtidas com a filosofia da Produção Enxuta, *Just in time* e Kanban.

Para a redução de *setup* do tempo de máquinas, foi desenvolvida o SMED (*single minute exchange of die*) ou troca rápida de ferramentas, pelo consultor Shigeo Shingo contratado na época pela Toyota. Essa ferramenta do *Lean Manufacturing* (produção enxuta) foi estudada e praticada no mundo todo.

Esse trabalho tem como objetivo aplicar umas das ferramentas *Lean*, no caso a TRF (troca rápida de ferramenta), em uma empresa fabricante de Autoclaves, para diminuir o tempo de *setup* dos tornos considerados como gargalos no sistema de produção da empresa.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 2.1. História da Produção enxuta: Sistema Toyota de Produção

A história da produção enxuta começou na década de 1930, quando a Toyota ainda fabricava caminhões militares, que foram usados na segunda guerra mundial (WOMACK,2004). Após a derrota do Japão na segunda guerra mundial, o então presidente da Toyota, Kiichiro Toyoda, percebeu que era necessário que as indústrias japonesas alcançassem os Estados Unidos em três anos, caso contrário, o setor automobilístico japonês estaria arruinado (OHNO,1997).

Ohno (1997) relata que o pensamento da produção enxuta começou, quando trabalhando em uma fábrica de tecelagem em 1937, na Toyoda Spinning e Weaving, ele ouviu dizer que era necessários 3 japoneses para se fazer o trabalho de um alemão, e que a proporção era ainda maior quando comparado a um americano, 9 japoneses para 1 americano. Foi então, que Ohno (1997, p.25) pensou, “Mas será que um americano podia realmente exercer 10 vezes mais esforço físico?”.

A partir desse pensamento Ohno começou a perceber que a Toyota deveria começar a eliminar seus desperdícios, e assim consequentemente aumentar a sua produtividade, nessa linha de pensamento surgiu o Sistema de Produção Toyota (STP). Com isso, percebeu-se que o sistema de produção em massa desenvolvido por Henry Ford, não daria certo nas indústrias japonesas, e que o foco seria eliminação total dos desperdícios, através de lotes menores com ajuda de redução de *setup*, eliminar processos inadequados e uma filosofia de eliminar todos os problemas direto nas causas raízes.

### 2.1.2. Os dois pilares do STP: *Just-in-time* e autonomia

O conceito do *just-in-time* (JIT) foi criado por Ohno para estruturar o STP, e significa fazer apenas o necessário e no momento exato, fazendo com que a produção tenha um fluxo sequencial e a diminuição do estoque. Ohno descreve o JIT da seguinte maneira:

“*Just-in-time* significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessários e somente na quantidade necessária” (OHNO,1997, p.26).

Ohno relata que no começo da implementação desses novos conceitos, existe algumas resistências de colaboradores que tinham o pensamento da produção em massa, e que o apoio

da direção foi fundamental para que ele pudesse no final disseminar seus conceitos em toda a fábrica (OHNO,1997).

Para fazer o JIT correr de forma eficaz Ohno começou a pensar no processo na forma inversa, assim, ele inicialmente determinou o fim da linha montagem, e o processo final foi para o processo inicial e somente as peças necessárias eram fabricadas (OHNO,1997).

O método para determinar a quantidade correta e exata a ser fabricada por cada processo é chamado de Kanban. O Kanban é um pedaço de papel que fornece basicamente: informações de coleta, informação de transferência, e informação de produção (OHNO,1997).

O outro pilar do STP é a automação, que significa automação com um toque humano. A automação é um sistema que evita que erros se espalhem pelos processos. Essa ideia começou com Toyoda Sakichi fundador da Toyota Motor Company, quando nas máquinas de tear, ele desenvolveu um dispositivo que parava a máquina quando fios da ardidura ou trama se rompesse (OHNO,1997).

Segundo Ohno (1997), com o tempo todas as máquinas da Toyota, seja maquinário novo ou antigo, tinha o sistema de automação, o que evitava a fabricação de peças defeituosas e também uma maior eficiência do operador, já que ele poderia operar mais de uma máquina, e só teria o toque humano caso a máquina parasse.

O quadro abaixo, mostra de forma abrangente o funcionamento do STP:



Figura 1- Visão macro do STP

Fonte: Vargas, Rodrigo (2009).

## 2.2. Os sete desperdícios da produção

Os sete desperdícios da produção foram identificados e categorizados por Ohno (1997) que segundo ele são atividades que geram custo e não agrega valor. Portanto, são atividades que devem ser identificadas dentro dos processos de uma empresa, e em seguida eliminadas.

Os sete desperdícios são:

- Superprodução;
- Espera;
- Transporte;
- Processos Inadequados;
- Perda por Estoque;
- Movimentação Desnecessária;

- Produtos Defeituosos

A Superprodução é o desperdício mais difícil de ser encontrado, pois ela costuma esconder as outras perdas, o que dificulta sua eliminação. Existem 2 tipos de superprodução: superprodução por quantidade e a superprodução por antecipação. A primeira é aquela que é produzida acima do necessário, o que gera um volume maior nos processos e no estoque; já a segunda, é a produção que é feita antes do tempo necessário (GUINATO, 2000).

Segundo Guinato (2000) o tempo de Espera no Processo é quando o processo, transporte ou inspeção ficam ociosos durante um determinado tempo aguardando liberação para ser executado. Guinato (2000) também afirma que existem 3 tipos de espera no processamento: Perda por espera no Processo (quando um lote que será fabricado, aguarda o lote anterior terminar), Perda por Espera no Lote (acontece quando a peça de um lote em fabricação, tem de esperar o total de peças do seu lote terminar essa mesma operação, para poder iniciar a próxima operação ou fluxo), Perda por Espera do Operador (é quando o operador fica ocioso devido ao mesmo ter de monitorar todo o processo de fabricação da máquina).

O Transporte é uma operação que não agrega valor nenhum aos processos. Ele é responsável por cerca de 45% da fabricação de cada item, e, portanto, deve-se sempre tentar eliminar ou diminuir consideravelmente qualquer tipo de transporte em um processo de fabricação (GUINATO, 2000).

Processos Inadequados são aqueles processos desnecessários na fabricação de um produto ou entrega de serviço, que ao serem eliminados não modificam as características do produto/serviço (GUINATO, 2000).

A Perda por Estoque sendo ela de produto acabado, matéria-prima ou mesmo estoque de inventário, é um desperdício que gera custos, devido ao espaço que é gerado para armazenamento, custo para se fazer inventário, ao longo do tempo o material pode se tornar obsoleto. O estoque é um conceito que vai totalmente contra com a filosofia do STP, e que segundo Guinato (2000), no ocidente ele é considerado como um “mal necessário”, pois o estoque poderia amenizar as inconsistências dos processos.

A Movimentação Desnecessária é todo movimento desnecessário que um operador realiza para se fazer uma operação. Esses movimentos devem ser estudados com o objetivo de eliminá-los ou minimizá-los. Caso, as melhorias não surtam o efeito desejado, deve-se pensar em mecanizar as operações manuais feitas por operadores (GUINATO, 2000).

Produtos Defeituosos é quando na fabricação de um produto, o mesmo não atende aos requisitos estabelecidos por normas de qualidade ou requisitos técnicos do desenho, podendo ele ser retrabalhado ou descartado. É um desperdício que gera custos à empresa por ter perdido tempo, processo, mão-de-obra, utilização dos maquinários, entre outros. Ohno (1997), relata que a Toyota tem como filosofia eliminar qualquer processo que possa gerar não-conformidade, através do intenso trabalho de melhoria e resolução na causa-raiz.

## **2.3. Ferramentas *Lean***

### **2.3.1. Mapa de Fluxo de Valor (MFV)**

Mapa de Fluxo de Valor (MFV) é uma ferramenta do *Lean* que ajuda a enxergar de maneira ampla, todos os processos que envolvem a fabricação do produto, desde a matéria-prima até o cliente final (ROTHER e SHOOK, 2003).

Rother e Shook (2003, p.3) definem Fluxo de Valor como “toda ação (agregando valor ou não) necessária para trazer um produto por todos os fluxos essenciais a cada produto: (1) o fluxo de produção desde a matéria-prima até os braços do consumidor, e (2) o fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento”.

Para melhor entendimento de como mapear o MFV, Rother & Shook (2003, p.4) relata que “ mapeamento de fluxo de valor é simples: siga a trilha de produção de um produto, desde o fornecedor até o consumidor, e cuidadosamente desenhe uma representação visual de cada processo no fluxo de material e informação. Então, formule um conjunto de questões chave e desenhe um mapa do “estado futuro” de como o valor deveria fluir”.

O MFV pode ser elaborado usando apenas lápis e papel. Os processos e operações para mapeamento do fluxo de valor são feitos através de símbolos, que indicam o fluxo de informações, operações, estoques, fornecedores, matéria-prima, etc. Abaixo na Figura 2, são demonstrados alguns símbolos utilizados.

## MAPA DA CADEIA DE VALOR -VSM (Value Stream Map) Símbolos Principais

(Atenção, que não há uma completa padronização, portanto, você poderá encontrar variações)

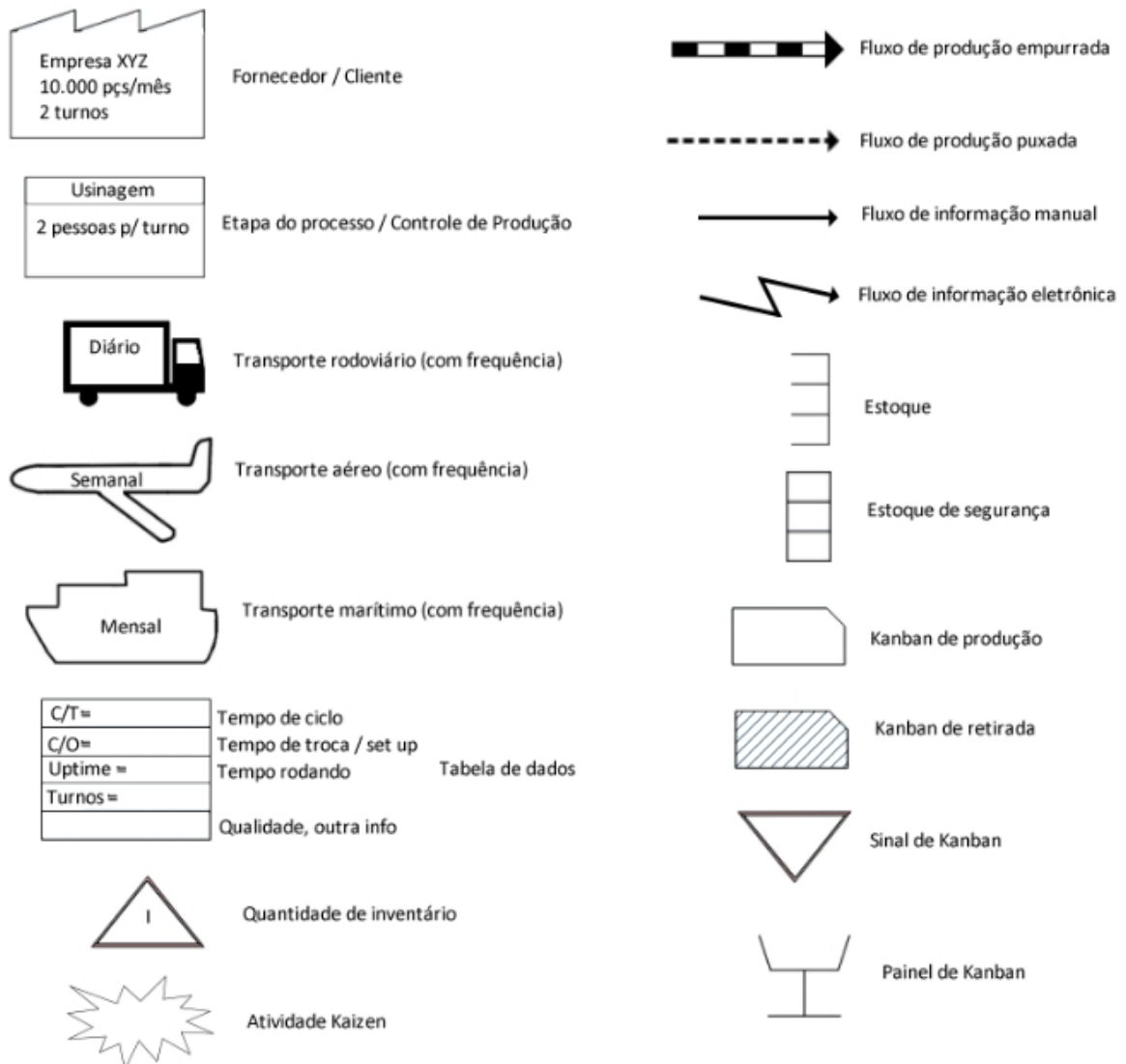


Figura 2 – Símbolos do MFV

Fonte: Vargas, Rodrigo (2009).

### 2.3.2. Trabalho Padronizado

O Trabalho Padronizado tem como objetivo elaborar procedimentos para padronizar operações, de forma que qualquer pessoa que faça aquela operação possa executar da mesma maneira e eficiência.

Ohno (1997) relata que o trabalho padronizado pode ser dividido em três elementos: tempo de ciclo, sequência de trabalho e estoque padrão.

O tempo de ciclo é o tempo necessário que se gasta para se fazer uma peça, ou seja, quando volta a repetir a operação para a próxima peça.

Sequência de trabalho é o roteiro de operações que a fabricação da peça deve seguir. Exemplo: primeiro cortar a peça, depois dobrar, soldar e em seguida armazenar a peça.

O estoque padrão é o mínimo de peças necessárias para o trabalho que está sendo realizado, incluindo as peças que já estão na máquina (OHNO, 1997).

### **2.3.3 Fluxo Contínuo**

Fluxo contínuo é fazer os processos de forma eficaz e eficiente, fazendo uma peça de cada vez, somente o necessário.

“O processo de fluxo contínuo é um conceito que, em seu estado ideal, significa que os itens são processados e movidos diretamente de um processo para o outro, uma peça de cada vez. Cada passo do processo opera somente na peça que é necessária ao próximo passo antes que este passo precise dela, e o tamanho e o tamanho do lote de transferência é um.” (ROTHER e HARRIS, 2002, p.101).

Para se ter o fluxo contínuo dentro dos processos, é importante definir o formato da célula de acordo com a necessidade de cada empresa. Célula é conjunto de pessoas, máquinas, processos, matérias e métodos de cada etapa sequencial a ser seguida no processo de fabricação ou montagem do produto, de preferência com lotes pequenos (ROTHER e HARRIS, 2002).

O formato de célula mais utilizado em fluxo contínuo é o de formato em “U”, pois, dispõe de uma maior flexibilidade aos operadores para dar sequência as operações, e também diminui o tempo gasto na volta da operação final para a inicial. Rother e Harris (2002), relatam que também pode-se utilizar as células em linha reta, que tem como vantagem facilidade para enxergar os fluxos e que também pode ser inserido correias ou esteiras para dar andamento das peças para o próximo processo.

Abaixo segue algumas das vantagens do fluxo contínuo conforme Rother e Harris (2002):

- Diminuição na utilização de recursos, já que, os operadores, máquinas, materiais, espaço, entre outros, são usados o mínimo possível, o que acarreta em uma maior eficiência e diminuição de custo;

- Como o “leadtime” é curto, a empresa consegue ter uma resposta rápida para o cliente, conseguindo assim, obter de forma antecipada o valor pelo produto, e um maior prazo para o pagamento da matéria-prima;
- Evita-se o problema de descobrir peças com defeitos somente na hora de utilizá-las ou em outros processos, pois, os defeitos aparecem de forma antecipada, sendo resolvidos antes que passe a outros processos, o que também facilita para identificar as causas raízes;

### 2.3.4 Cinco “S”

O Conceito do cinco “S” foi desenvolvido na época de 1950 no Japão logo após a segunda guerra mundial, com o objetivo de limpar e organizar a desorganização gerada pela guerra. As cinco palavras japonesas são: Seiton, Seiri, Seiso, Seiketsu e Shitsuke (EGOSHI, 2006).

A tradução para o português de cada palavra é: senso de utilização, senso de organização, senso de limpeza, senso de saúde e senso de autodisciplina.

Seiton (utilização) significa organizar todas as coisas em ordem para que fique fácil a visualização e utilização dos objetos, com o objetivo de minimizar esforços, diminuir o tempo de procura e agilidade para o uso (EGOSHI, 2006).

Seiri (organização) significa guardar somente o necessário para que não atrapalhe o fluxo de operações ou movimentações de trabalho, e aquilo que não for necessário, guardar em algum lugar, pois no futuro você poderá utilizá-lo novamente ou repassar à alguma pessoa o objeto que não sirva para você (EGOSHI, 2006).

Seiso (limpeza) que vem logo após o senso de utilização e organização, tem como objetivo fazer a limpeza de todo o ambiente de trabalho, e manter o ambiente limpo tendo o hábito de não sujar. A limpeza vale para paredes, armários, mesas, estantes, dados atualizados entre outros (EGOSHI, 2006).

O senso de Seiketsu (saúde) tem como foco cuidar e ter o compromisso com a saúde física e mental. É preciso estar de bem consigo mesmo e zelar para que o ambiente ao seu redor seja harmonioso. Exemplos de cuidados com a saúde física: praticar atividades físicas, ter uma alimentação balanceada, ingerir uma quantidade de água todo dia, etc. O indivíduo mantém a saúde mental através de: um comportamento ético dentro do ambiente de trabalho, respeito mútuo com outras pessoas, ouvir com discernimento opiniões contrárias, etc (EGOSHI, 2006).

Shitsuke (autodisciplina) é o senso que integra e mantém todos os outros sentidos anteriores. Cada melhoria e conquista obtida pelos sentidos anteriores, devem ser praticadas regularmente como se fosse um estilo de vida. Sempre buscando melhorar cada vez mais e ter motivação para progredir constantemente. É importante ter o autocontrole para manter o foco nos sentidos e o respeito em um ambiente diversificado (EGOSHI, 2006).

### **2.3.5 Redução de Setup**

#### **2.3.5.1 História da troca rápida de ferramenta**

A história sobre a troca rápida de ferramenta ou SMED (*Single Minute of Exchange of Dies*) que tem como conceito a troca de ferramenta em menos de dez minutos, começou na época de 1950 no Japão, quando o engenheiro e consultor Shigeo Shingo teve suas primeiras experiências nas fábricas japonesas (Shingo, 2000).

A primeira experiência de Shingo foi na fábrica de Mazda da Toyo Kogyo em Hiroshima, no qual foi chamado devido as grandes prensas que chegavam até 800 toneladas, não operarem com sua capacidade total. Ao analisar os processos de preparação da prensa, Shingo observou que o simples fato de se perder um parafuso, perdeu-se mais de uma hora para resolver aquele problema. Foi quando Shingo percebeu que existem dois tipos de preparação de *setup*: *setup* interno (TPI- Tempo de Preparação Interno) que é quando o operador faz a preparação da máquina somente quando ela estiver parada, e *setup* externo (TPE – Tempo de Preparação Externo) é quando o operador realiza operações no momento em que a máquina está trabalhando (Shingo, 2000).

Nessa primeira experiência na fábrica de Toyo, Shingo então determinou os procedimentos necessários para o *setup* externo, que seria a verificação de todos os parafusos e atividades antes do próximo *setup*, com isso eliminaria aquele *setup* interno que era causado quase que frequentemente. Esse simples método conseguiu um resultado de 50% na eficiência daquela prensa (Shingo, 2000).

Shingo logo fixou em sua mente que era de grande importância separar claramente o *setup* interno do externo.

Na segunda experiência, Shingo foi até a fábrica da Mitsubishi Heavy Industries que também fica na cidade de Hiroshima. A empresa relatou que a plaina que era utilizada para usinar as bases de motores diesel, estava com a produtividade abaixo do ideal. Ao analisar os procedimentos de preparação, Shingo percebeu que se perdia muito tempo para se fazer a

“centragem” e dimensionamento da base, pois usava-se a mesma mesa. Shingo sugeriu uma simples ideia, utilizar uma segunda mesa, enquanto uma está em produção, o operador já vai preparando a outra para entrar no próximo lote. Essa simples ideia de Shingo, resultou em uma melhoria na produtividade de 40% (Shingo, 2000).

Em sua terceira experiência, Shingo foi visitar a fábrica da Toyota Motor Company, o problema novamente estava no alto tempo de preparação de uma grande prensa de 1000 toneladas, cerca de quatro horas, enquanto a Volkswagen com uma prensa parecida, realizava em duas horas. Shingo e o gerente Sugiura analisaram atentamente o processo e separaram detalhadamente o que era TPI e TPE. Durante seis meses fizeram trabalho de melhoria no TPI e no TPE, o que resultou em uma redução de quatro horas para cerca de 90 minutos (Shingo, 2000).

Em uma nova visita à fábrica da Toyota, Shingo foi surpreendido, pois a direção determinou que reduzisse o *setup* de noventa minutos (que já tinha sido uma ótima redução) para 3 minutos. Ao mesmo tempo em que Shingo se surpreendeu, teve o pensamento que era possível melhorar ainda mais, e teve a brilhante ideia de transformar o *setup* interno em *setup* externo. Após 3 meses de estudos e trabalho, Shingo conseguiu atingir a meta, e logo listou em um quadro uma lista com oito técnicas para reduzir o *setup* (Shingo, 2000).

Foi a partir desse pensamento e experiência que Shingo (2000, p.46) criou o SMED, quando ele relata que “Na esperança de que qualquer *setup* possa ser reduzido para menos de dez minutos, chamei este conceito de “Troca de ferramentas em um tempo inferior a dez minutos – *Single Minute Exchange of Dies*” ou TRF”.

Com a teoria e experiência relatadas acima, Shingo criou o SMED, que é uma ferramenta difundida no mundo todo, e que toda empresa que deseja aumentar sua produtividade e melhorar eficiência de suas máquinas, deve adotar a TRF para atingir esse objetivo.

### 2.3.5.2 Estágios da TRF

Shingo (2000) definiu e elaborou as etapas da TRF basicamente em um estágio inicial e mais três estágios consecutivos. Abaixo são descritos cada um dos estágios:

- **Estágio inicial** - nesse estágio, Shingo (2000) afirma que **os *setup*** interno e *setup* externo não se distinguem, e que uma análise do processo deve ser feita para poder identificar possíveis falhas e melhorias do *setup*. Alguns métodos podem ser utilizados para essa análise, como: (1) cronometrar todo o procedimento de *setup*; (2) filmar toda

a operação de *setup* e em seguida mostrar para os operadores, pois podem surgir boas ideias de melhoria; (3) fazer um estudo de amostragem do trabalho, esse método é viável quando se tem um grande número de repetições; (4) realizar entrevistas com operadores com o objetivo de obter informações reais sobre o chão-de-fábrica (SHINGO, 2000, p.49).

- **Estágio 1** - após as análises, o *setup* interno e *setup* externo devem ser cuidadosamente separados. Shingo (2000) considera esse estágio como principal, devido ao esforço que será feito no estágio sucessor para eliminar ou reduzir drasticamente qualquer tipo de ajuste ou preparação com a máquina parada. Nesse estágio é muito importante conhecer bem a diferença entre o *setup* interno, que são as operações de preparação feitas quando a máquina está parada, e o *setup* externo, que são as operações de preparação realizadas com a máquina em andamento.
- **Estágio 2** - o segundo estágio começa por avaliar novamente as operações, para verificar se algum passo foi concebido erroneamente como *setup* interno. Também é desenvolvido formas de converter o *setup* interno em *setup* externo. Shingo (2000) cita vários exemplos de como fazer essa conversão, através de técnicas operacionais para antecipar *setup* eram feitos somente com a máquina parada. Exemplos: o pré-aquecimento de matrizes em máquinas injetoras de plástico; fazer uma padronização de peças, ferramentas, guias entre outros componentes; utilizar uma segunda placa, enquanto a máquina está em andamento, o operador vai montando na segunda placa as ferramentas para o próximo lote (SHINGO, 2000).
- **Estágio 3** – o último estágio tem como objetivo racionalizar todos os aspectos das operações de *setup*. Shingo (2000) mostra várias maneiras de se racionalizar os *setups*, como: uso de fixadores funcionais para manter objetos no local com mínimo esforço; fixadores de uma volta que podem fixar ou soltar objetos com apenas uma volta; método de encaixe em U, podendo fixar o parafuso em uma matriz com apenas uma volta; estabelecer um parâmetro numérico para se ter um padrão de dimensionamento e centragem das peças para eliminar os ajustes; operações paralelas, entre outros (SHINGO, 2000).

### 3. Estudo de caso

A aplicação da metodologia de melhoria de *setup* foi feita em uma empresa no ramo de aparelhos científicos, mais especificamente Autoclaves (vasos de pressão para esterilização de produtos/equipamentos contaminados) e cadeiras odontológicas. Uma empresa de porte médio, com aproximadamente 60 colaboradores.

Entre seus produtos estão:

- Autoclaves Horizontais com porta volante central, deslizante e cilíndrica, e tendo diversas capacidades, que variam entre 100L (a mais comercializada) até 2500L;
- Autoclaves Verticais que também tem uma grande variedade de capacidade, que vai de 18L até 300L;
- Autoclaves de Bancada com capacidade de 12L até 96L;
- Conjunto de cadeiras odontológicas.

Esses produtos atendem clientes nacionais e internacionais em diversos ramos, entre eles: hospitalar, química, veterinário e odontológica.

Para fabricação dos produtos a empresa trabalha com 1 turno de 8 horas, entre seus principais processos estão: usinagem, solda, corte e dobra, polimento e montagem. A principal matéria-prima utilizada é a chapa de aço-inox.

Para a fabricação de uma Autoclave, é necessária uma grande variedade de peças. A grande maioria dessas peças são fabricadas internamente usinando o material bruto nos centros de usinagem e tornos. Os materiais mais utilizados são: barra sextavada, barra aço-inox, chapas e disco de carbonos, entre outros.

Atualmente a empresa trabalha com uma produção bem acima da sua capacidade fabril, devido ao aumento de 50% na demanda. Junto com o aumento da demanda, problemas de desperdícios começam a aparecer com mais frequência.

Um dos desperdícios mais frequentes na fábrica é a quantidade de retrabalho. Lotes com grandes quantidades, movimentações desnecessárias, falta de organização e padrão são alguns dos fatores que contribuem para o problema.

Esse estudo de caso tem como objetivo implementar algumas das ferramentas *Lean* no setor de usinagem da empresa.

A empresa pretende melhorar seu fluxo de processos na fabricação, através de uma melhoria na entrega de peças internas fabricadas pelos tornos CNC (Centro Numérico Computadorizado) e CVU (Centro Vertical de Usinagem).

Devido à essa grande variedade de peças e o aumento na demanda, notou-se a necessidade de entregar peças mais constantemente em um menor tempo. Com isso, foi implementada a técnica do TRF para reduzir o tempo de *setup* dos tornos CNC e CVU, e conseqüentemente fabricar lotes menores de peças para manter a produção em um fluxo contínuo e diminuição nos custos de processos e armazenagem.

Além das técnicas para melhoria do *Setup*, foi implantado uma filosofia cultural nova aos colaboradores, treinamento para adequar o setor no sistema do 5S, para que os mesmos consigam desenvolver o trabalho com a melhor eficiência possível.

### 3.1 Situação atual

Atualmente o *setup* da máquina é feito da seguinte forma:

- O colaborador recebe a OF (Ordem de fabricação) junto com a requisição do material;
- É feito a programação do torno e colocada as ferramentas necessárias;

Para o próximo lote de peças que entra no torno, é feito a limpeza do torno se o material a ser usinado for diferente, caso contrário é feito apenas os ajustes.

Toda a sucata que excede da usinagem é recolhida e armazenada para posterior venda, por isso a importância da separação de diferentes tipos de materiais.

Esse processo descrito acima tem em média um tempo estimado de preparação de máquina entre uma a duas horas. Um tempo muito elevado para uma empresa que está em expansão e precisa melhorar seus processos.

Alguns dos problemas que ocasionam o alto tempo de *setup* são:

- Falta um melhor sequenciamento das OFs;
- Ferramentas e outros dispositivos estão desorganizados;
- Algumas ferramentas estão inapropriadas para a fabricação de peças;
- Faltam mais morsas para poder preparar mais de um torno ao mesmo tempo;
- Máquinas ficam paradas para limpeza a cada troca de material;
- Muitos *setups* são feitos com o torno parado (*setup* interno);

Esses conjuntos de fatores implicam em um tempo muito elevado de *setup*, fazendo com que a eficiência dos tornos seja baixa. Logo se trabalha com lotes maiores para

compensar esse alto tempo de *setup*, afetando diretamente o fluxo de produção da fábrica, pois alguns processos terão suas respectivas peças, mas alguns ficarão ociosos esperando seus lotes serem fabricados.

Lotes grandes de peças também ocasionam problemas como: custos elevados caso essas peças apresentem retrabalhos, espaço físico maior, dinheiro parado no estoque, e processos inapropriados.

### 3.2 Projeto de melhoria

Para sanar a maioria dessas dificuldades apresentada nesse estudo de caso, esse projeto visa implementar a TRF e mais algumas melhorias organizacionais para melhor aproveitamento da TRF.

A primeira ação a ser tomada foi o sequenciamento das OFs com as devidas prioridades de acordo com as necessidades e aproveitando da melhor forma possível o tipo de material a ser usinado. “casando” prioridade com tipo de material que está sendo usinado naquele momento.

Esse sequenciamento foi feito com ajuda de um Software ERP (*Enterprise Resource Planning*), listando as OFs a serem feitas em cada turno. A lista de sequenciamento é entregue semanalmente junto com as OFs.

Segundo passo foi a implementação do 5S no setor. Um colaborador ficou responsável pelo treinamento e manutenção do sistema 5S. Os responsáveis pelos setores também terão o compromisso de fiscalizar a efetividade do 5S.

Na terceira etapa foi implementada a metodologia desenvolvida por Shingo (2000), segue abaixo o cronograma dessa etapa:

Foi escolhido inicialmente os tornos que eram considerados como gargalo, pois a melhoria realizada terá uma eficiência maior no processo. Portanto, os tornos programáveis que foram testados inicialmente, no caso, são: CNC-1, CNC-2, CNC-3, CVU-1 e CVU-02.

Foi feita uma lista descrevendo todas as operações pertencentes ao *setup*, colocando também os tempos médios das operações e seus responsáveis. Pois, com a lista em mãos é possível verificar se existe alguma atividade que não seja necessário no processo, ou também alguma melhoria naquela operação.

Existe também a possibilidade de filmar como é feito toda a operação de *setup*, e também após a melhoria, assim possibilita comparar a eficiência de cada atividade, e serve de

motivação para dar continuidade ao projeto de melhoria. Podemos também utilizar levantamentos dos dados, através de questionário com os colaboradores responsáveis pelas operações.

Com a ajuda da lista de *setup*, filmagem do processo do *setup* ou questionário, deve-se separar o *setup* externo do interno, identificando todas as operações que são feitas com a máquina em operação (*setup* externo) e todas as operações que feitas com a máquina parada (*setup* interno) antes da parada para início de uma nova operação.

Após a separação do *setup* interno e externo feito na etapa anterior, devem-se verificar novamente os processos envolvidos no *setup* e tentar converter o máximo possível do *setup* interno para o externo, e em seguida eliminar as operações que não agregam no processo.

É de grande importância com a implementação da melhoria do *setup*, padronizar todo o processo de operação, estabelecendo uma sincronia entre operador, máquina e o material. Com a padronização, qualquer colaborador devidamente treinado, pode operar a máquina mantendo o padrão de melhoria de *setup* que foi implantado no setor.

Algumas das técnicas que podem ajudar na padronização do *setup* são:

- Dispositivos de fixação rápida;
- Padronizar apenas as partes necessárias dos equipamentos e ferramentas;
- Utilizar elementos auxiliares padronizados para sanar ajustes durante o *setup* interno.

### 3.3 Aplicação do Projeto

#### 3.3.1 Sequenciamento da Ordem de Fabricação

Conforme citado no projeto de melhoria, foi feito um sequenciamento das Ordens de Fabricação (OF), com o objetivo de sequenciar para **o operador cada peça** que entrará no torno, de acordo com suas prioridades e tipo de material.

Antes as OFs eram entregues aos colaboradores sem um cronograma a ser seguido, sem previsão de término e qual a real necessidade daquela peça.

Os sequenciamentos das OFs foram feitos com a ajuda de um software ERP (*Enterprise Resource Planning*) que também é responsável pelo apontamento de cada recurso na fábrica. As OFs foram sequenciadas pelo setor de PCP (Planejamento e Controle da Produção) da empresa, que analisa cada OF e faz a sequência semanalmente de cada torno.

Abaixo, segue os exemplos de como ficou a programação semanal dos recursos:

Classe Peça / Produto: Todos Máquina/Recurso: CNC-03 TORNO CNC GL 240 ROMI

Peça / Produto: Todos Período: 12/09/2016 à 16/09/2016

Ordem de Fabricação: Todos Aplicar

**Resultado da Consulta**

Peça/Produto	OF	Operação	Estado	Início Previsto	Fim Previsto	Vencimento
ARRUELA DE REGULAGEM DA V	28362	FURAR ACABADO - Obs: Cortar as peça	Programada	12/09/2016 08:02:51	12/09/2016 14:05:00	12/09/2016
LUVA ACO INOX 1/2 X 30MM DIA	28565	TORNEAR ACABADO - Obs 1: Cortar em	Programada	12/09/2016 14:05:00	13/09/2016 10:04:01	15/09/2016
CONEXAO ESPIGAO EQUIPO ODC	29179	TORNEAR ACABADO	Programada	13/09/2016 10:04:01	13/09/2016 11:20:00	16/09/2016
CORPO DO REGISTRO DA VALV	29130	TORNEAR ACABADO - Obs 1: Cortar as	Programada	13/09/2016 11:20:00	14/09/2016 10:09:01	16/09/2016
BUCHA CABECOTE REFLETOR OI	29174	TORNEAR ACABADO - Obs: Tornear con	Programada	14/09/2016 10:09:01	15/09/2016 07:37:03	16/09/2016
CORPO DO REGISTRO DA VALV	29130	TORNEAR ACABADO - Obs: Furar, usina	Programada	15/09/2016 07:37:03	15/09/2016 14:40:00	16/09/2016
CONTRA PORCA DO REGISTRO L	29136	FURAR ACABADO - Obs: Furar com Broc	Programada	15/09/2016 14:40:00	16/09/2016 16:38:02	27/09/2016

Figura 3a - Programação semanal

Fonte: programa de sequenciamento da empresa estudada

Classe Peça / Produto: Todos Máquina/Recurso: CVU-01 CENTRO V. USINAGEM DISC

Peça / Produto: Todos Período: 19/09/2016 à 23/09/2016

Ordem de Fabricação: Todos Aplicar

**Resultado da Consulta**

Peça/Produto	OF	Operação	Estado	Início Previsto	Fim Previsto	Vencimento
BATENTE DA PORTA DESLIZANTE C/ F	29165	FRESAR ACABADO - Obs: Fresar o cano	Programada	19/09/2016 07:08:03	20/09/2016 10:46:05	20/09/2016
BATENTE DA PORTA DESLIZANTE S/ F	29166	FRESAR ACABADO - Obs: Fresar o cano	Programada	20/09/2016 10:46:05	21/09/2016 11:04:07	21/09/2016
BATENTE DA PORTA DESLIZANTE S/ F	29166	FRESAR ACABADO - Obs: Com auxílio de	Programada	21/09/2016 11:04:07	22/09/2016 07:02:09	22/09/2016
BATENTE DA PORTA DESLIZANTE C/ F	29165	FRESAR ACABADO - Obs: Com auxílio de	Programada	22/09/2016 07:02:09	23/09/2016 12:20:00	23/09/2016
TAMPA FRONTAL AB25 A 60 PRONTO	29208	FURAR ACABADO - Obs: Furar com broc	Programada	22/09/2016 12:20:00	23/09/2016 09:55:01	23/09/2016
ALAVANCA DE LATAO AP56	29145	FURAR ACABADO - Obs: Furar conform	Programada	23/09/2016 09:55:01		26/09/2016

Figura 3b - Programação semanal

Fonte: programa de sequenciamento da empresa estudada

Nas imagens acima é possível verificar a descrição da peça; o número de cada OF; qual a operação a ser realizada pelo operador de acordo com o roteiro; o estado atual daquela operação, que são quatro tipos: Programada, Suspensa, Em andamento e Encerrada; o início e fim previsto de acordo com o cálculo feito pelo programa que considera o tempo padrão de cada operação da OF; vencimento que é data limite para terminar a OF.

As cores verde, amarelo e vermelho é determinado de acordo com a data de vencimento de cada OF. Que significa quanto mais longe da data de vencimento, ela fica verde, conforme vai se aproximando da data de vencimento, fica em amarelo, e se venceu o prazo, ela fica em vermelho.

Além da prioridade, com o sequenciamento levando em consideração o tipo de material, conseguimos reduzir de 30 a 40 minutos o tempo com o aproveitamento de peças diferentes. Pois, esse é o tempo que se gasta cada vez que se faz a limpeza dos cavacos e os descarta em seu devido lugar.

### 3.3.2 Implantação do 5S

A equipe do 5S em conjunto com outros colaboradores, desenvolveram o trabalho de organização do setor. O trabalho de organização foi muito importante devido ao tempo que se perdia procurando peças, ferramentas e OFs. Abaixo, a figura mostra como estava alguns itens no setor antes do 5S:



Figura 4 – Antes da implementação do 5S

Fonte: autoria própria

Para sanar esses problemas foram feitos suportes para armazenamento das peças, e suporte para armazenamento das brocas contendo a descrição do diâmetro de cada um. Em seguida, as imagens dos suportes para resolução dos problemas:



Figura 5 – Suporte para peças

Fonte: autoria própria



Figura 6 – Suporte para peças

Fonte: autoria própria



Figura 7 – Suporte para brocas

Fonte: autoria própria

Com esses suportes conseguimos diminuir em cerca de 10 a 20 minutos o tempo de procura por esses itens.

### 3.3.3 Melhoria do Setup

Após questionários e análises sobre os procedimentos de *setup* com os colaboradores, constatamos que se perde um tempo muito grande em relação a troca de ferramenta. Essa troca de ferramenta é considerada como *setup* interno, pois é feita com a máquina parada.

Para melhorarmos esse tempo, fizemos uma consulta com um fornecedor de ferramentas para verificar a possibilidade de trocar as ferramentas atuais, por uma ferramenta modular.

Essa ferramenta modular tem como características, ferramentas e suportes que trocam apenas com um giro de chave, e como são todos parametrizadas e iguais, não tem a necessidade de ficar ajustando.

Portanto, escolhemos o CNC-03 para registrar com um cronômetro o tempo gasto de troca de ferramentas de algumas peças. O fornecedor nos retornou o tempo que seria gasto dessas mesmas peças, mas com a ferramenta modular deles. Segue abaixo a figura e o gráfico com os tempos:

Setup						
Recurso	Descrição da peça	Código	Ferramentas Usadas	Atual (min)	Fornecedor(min)	Ganho(%)
CNC-03	Luva 1/2 x 15 mm	3013099	Ferr.desbaste externo	31	8	74,19
			Ferr.corte			
			Broca			
			Rosca interna			
CNC-03	Porca Cônica Bordem	3051163	Desbaste externo	35	10	71,43
			Desbaste interno			
			Broca			
			Rosca interna			
			Corte			
CNC-03	Punho da tampa		Desbaste externo	27	7	74,07
			rosca externa			
			corte			
CNC-03	Pino 1/2' varão roscado	3051107	Desbaste externo	12	3	75,00
			corte			
CNC-03	Bucha roscada com rebaixo	3016075	Desbaste interno	43	13	69,77
			corte			
			Canal			
			Broca			
CNC-03	Conexão núcleo	3053008	Desbaste externo	40	11	72,50
			Broca 3mm			
			Broca 4,2mm			
			Broca 4,7mm			
			Macho			
			Bedame de corte			
CNC-03	Corpo Registro	3051007	Desbaste externo	43	11	74,42
			Rosca externa			
			Broca 6,7			
			Bedame de corte			
			Bedame desbaste			
	Broca 3,2					

CNC-03	Luva do Manometro da válvula controladora	3019079	Desbaste externo	66	16	75,76
			Broca 11 mm			
			Broca 7 mm			
			Macho 1/4 NPT			
			Macho 5/16 UNF			
Bedame de corte						
CNC-03	Corpo Valvula Piloto Direcional	3051100	Desbaste externo	27	6	77,78
			Broca 5,5 "			
			Broca 3,2 "			
			Macho 1/4 UNF			
			Rosca externa			
Bedame de corte						
CNC-03	Buchta Articulação Odontologica (7)	3055025	Desbaste externo	24	6	75,00
			Broca de centro			
			Broca 1/2			
			Escareador			
			Bedame de corte			
CNC-03	Porca Guia Lampada Cabeçote	3053039	Desbaste externo	25	7	72,00
			Recartilha			
			Broca de 15 mm			
			Desbaste interno			
			Rosca interna			
Bedame de corte						

Figura 8 – Tempo de troca de ferramentas

Fonte: autoria própria

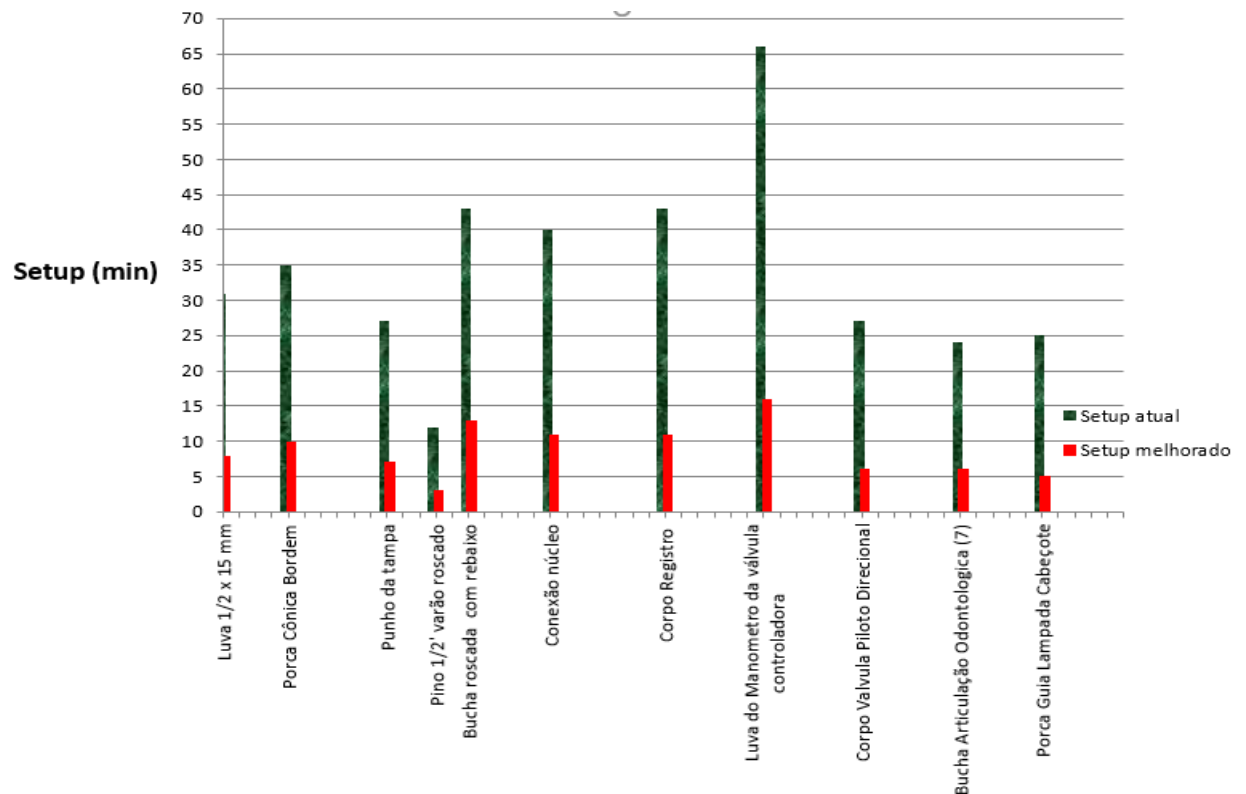


Gráfico 01 – Gráfico de comparação

Fonte: autoria própria

Pela figura 8 e o gráfico 1, percebe-se uma boa eficiência da ferramenta modular em relação as ferramentas utilizadas atualmente.

O valor de investimento para a ferramenta modular, é recuperado em torno de 6 a 8 meses.

### **3.3.4 Melhoria nos Processos de Usinagem**

#### **3.3.4.1 Broca para furação**

Em outra análise nos processos, constatamos que algumas ferramentas poderiam ser trocadas para aumentar a eficiência do processo, diminuindo o tempo de produção e o custo com insumos. Com isso, algumas brocas foram trocadas por outras com um rendimento e aproveitamento melhor. Utilizamos essa estratégia em peças consideradas críticas, onde o processo de furação se perde um grande tempo.

Abaixo, segue o exemplo de uma broca de material dúctil que foi substituída por uma broca de material duro:



Figura 10 – Material Dúctil (antigo)

Fonte: autoria própria



Figura 11 – Material Duro (novo)

Fonte: autoria própria

Com a troca da broca de aço rápido por metal duro, conseguimos reduzir em 25% o tempo de fabricação das operações onde se utiliza essa broca. O avanço da broca de aço rápido era de 150 mm/min, com a troca para o material duro, o avanço passou a ser de 600 mm/min, conseguindo um avanço quatro vezes mais rápido.

#### **3.3.4.2 Fresamento**

Foi verificado que alguns insertos não estavam realizando um bom desempenho de fresamento. Em parceria com o fornecedor, diagnosticamos quais insertos poderiam ser trocados para melhorar a eficiência dos processos.

Abaixo, segue o exemplo de um dos insertos que foram trocados. Nesse caso, trocamos um inserto de 2 aresta de corte para um inserto de 6 arestas de corte:

Alternativa		ATUAL	PROPOSTA
Rotação (n)	rot./min.	800	1073
Diâmetro da Peça	mm	50	50
Velocidade de Corte (Vc)	m/min.	126	169
Avanço por rotação (f)	mm/rot.	0,25	0,23
Avanço da mesa (Vf)	mm/min.	200	247
Comprimento usinado (l)	mm	139	139
Profundidade de Corte (ap)	mm	1	2,5
Critério para Troca		ACABAMENTO DA PEÇA	ACABAMENTO DA PEÇA
Peças produzidas por Aresta / Afição		30	40
Tempo efetivo de corte	min./peça	0,695	0,563
Tempo do Ciclo de usinagem	min./peça	0,695	0,563
Tempo total da operação (5)+(6)	min./peça	0,695	0,563
Produção 60/(8)	peças/hora	86,33	106,53
Melhoria da produção (Pçs/Horas)			<b>23,40%</b>
Melhoria de Rendimento (Pçs/Arestas)			<b>33,33%</b>

## MELHORIAS NO PROCESSO DE USINAGEM

	VIDA ÚTIL (Peças/Jg. Aresta)	TEMPO TOTAL DA OPERAÇÃO (Min./Peça)	PRODUTIVIDADE (Peças/Hora)	CUSTO DE USINAGEM (R\$ / Peça)
ATUAL	120	0,70	86,33	#DIV/0!
PROPOSTA	240	0,56	106,53	#DIV/0!
RESULTADO	<b>100%</b>	<b>-19%</b>	<b>23%</b>	<b>#DIV/0!</b>

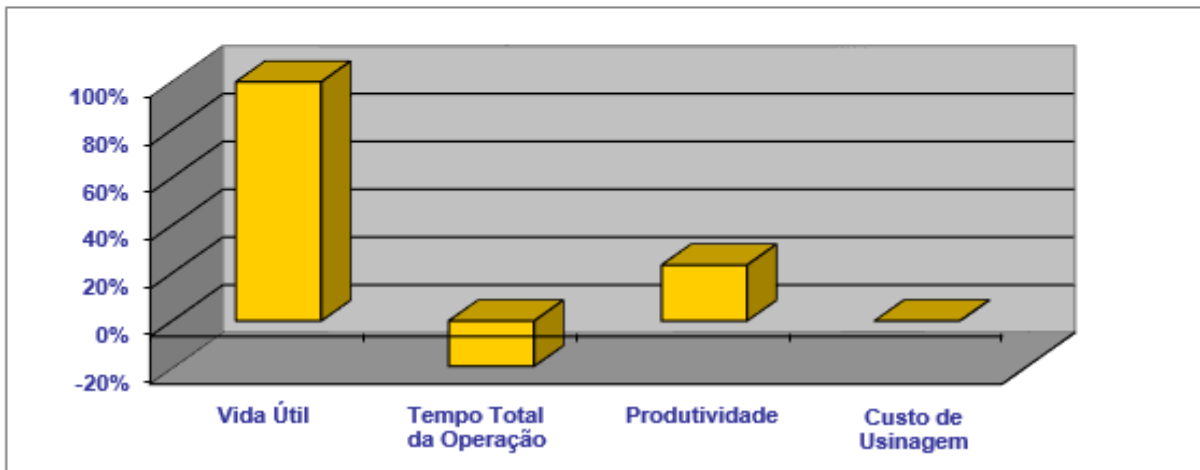


Figura 12 – Melhoria dos insertos

Fonte: autoria própria

Entre os vários resultados obtidos com a troca e a organização dos insertos, destacamos:

- Aumento no número de peças feitas por hora;
- Maior vida útil da fresa;

- Diminuição do tempo de operação;
- Aumento da produtividade.

#### 4 Conclusão

A empresa tinha como projeto diminuir o tempo de *setup* de suas máquinas para poder melhorar a eficiência de seus processos e fazer mais variedades de peças em menos tempo e com lotes menores, atendendo a demanda necessária. Esse projeto foi feito no setor de usinagem (CNCs), no entanto, a empresa pretende ampliar para outros setores, os quais contém outras máquinas, como: guilhotinas, prensas, furadeiras e dobradeiras.

O sequenciamento das OFs ajudou na diminuição no tempo de *setup*, pois diminuiu a quantidade de descarregamento de cavacos e limpeza dos tornos. Também ficou mais organizado a programação das peças nos tornos, já que antigamente, as OFs eram entregues na mão do operador, mas sem uma sequência a ser seguida, tendo como agravante fazer peças que não eram prioridades.

O trabalho do 5S também contribuiu para diminuição do tempo de *setup*, já que, o setor ficou organizado, as ferramentas foram colocadas em suportes e com identificação, também foi feito suporte para colocar peças de um processo para o outro, os insertos foram organizados e tabelados no estoque. Tudo isso evitou-se que o operador perdesse tempo procurando os itens citados acima.

Para diminuir o tempo da troca de ferramentas, foi feito um projeto que será implementado futuramente devido ao custo inicial e a fase econômica que a empresa passa atualmente. O projeto tem como objetivo implementar a ferramenta modular para diminuir o tempo de troca e ajustes de ferramentas. Como pôde ser visto na figura 8 (páginas 30 e 31), essa ferramenta modular apresenta uma grande eficiência em relação a ferramenta atual. Outro ponto positivo, é que esse investimento é pago entre 6 a 8 meses, considerado um bom tempo. Porém, esse projeto de melhoria da ferramenta modular, ficará para o futuro, devido a situação financeira atual da empresa.

A melhoria nos processos de usinagem ajudou a melhorar a eficiência na fabricação das peças, diminuindo tempo de fabricação de peças críticas e diminuindo os custos envolvidos, como: mão-de-obra, tempo de máquina e aumento no tempo de vida dos insumos.

Podemos concluir que toda a metodologia aplicada, teve um grande resultado positivo na prática. Mas, o resultado alcançado, só foi possível devido ao alinhamento estratégico da empresa com seus colaboradores.

## REFERÊNCIAS

EGOSHI, K. Os **5S** da administração japonesa. 2006. Disponível em: <<http://www.cienciaadministracao.com.br/5S.htm>> Acesso em: 16 ago. 2016.

GHINATO, P. Título do capítulo. In: **Produção & Competitividade: aplicações e inovações**. (Editores: Adiel T. de Almeida; Fernando M. C. Souza). Recife: UFPE, 2000.

HINES,P.; TAYLOR,D . **Going Lean: a guide to implementation**. Cardiff, UK: Lean Enterprise Research Center,. 2000.

LIKER, J.K; MEIER, D. **O Modelo Toyota: manual de aplicação**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

MONDEN, Y. **O Sistema Toyota de Produção**. São Paulo: IMAN, 1984.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produtividade em larga escala**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PROGRAMA 5S.

Disponível em:<<http://www.etefgarcia.com.br/conteudo/noticias/5s/apostila5s.pdf> > Acesso em: 16 agosto de 2016.

ROTHER, M; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SHIGEO, S. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta**. Trad. Eduardo Schann, Cristina Schumacher – 1. ed.. – Porto Alegre: Artes Médicas/ Bookman, 2000.

SILVA, J. M. **O ambiente da qualidade na prática – 5S**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1996.

VARGAS, R . Lean Manufacturing.

Disponível em:<<http://www.gestaoindustrial.com/index.php/component/content/article?id=20:lean-manufacturing>> Acesso em 18 de agosto de 2016.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. **A Mentalidade Enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riquezas**. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.