



**CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC**  
**MBA Executivo em Lean Manufacturing**

**JÉSSICA PACHECO CALDAS**

**LEAN MANUFACTURING: APLICAÇÃO DE TÉCNICAS  
DE REDUÇÃO DE SETUP PARA OTIMIZAÇÃO DA  
PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE SOLDAGEM**

Salvador (BA)  
2018



**JÉSSICA PACHECO CALDAS**

**LEAN MANUFACTURING: APLICAÇÃO DE TÉCNICAS  
DE REDUÇÃO DE SETUP PARA OTIMIZAÇÃO DA  
PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE SOLDAGEM**

Artigo apresentado ao MBA  
Executivo em Lean Manufacturing  
do CENTRO UNIVERSITÁRIO  
SENAI CIMATEC como requisito  
parcial para obtenção do título de  
Pós-graduado em Lean  
Manufacturing

Orientador (a): prof. Carlos César  
Ribeiro Santos

Salvador (BA)  
2018

# LEAN MANUFACTURING: APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE REDUÇÃO DE SETUP PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE SOLDAGEM

LEAN MANUFACTURING: APPLICATION OF SETUP REDUCTION TECHNIQUES FOR PRODUCTION OPTIMIZATION IN A WELDING INDUSTRY

CALDAS, Jéssica Pacheco <sup>1</sup>

## RESUMO

Na contemporaneidade o perfil do mercado vem se modificando rapidamente e as empresas precisam desenvolver sistemas cada vez mais enxutos. Realidade vista principalmente no setor automobilístico por estar incorporado em um dos mercados mais competitivos que existe. Diante desta circunstância, torna-se fundamental minimizar os desperdícios existentes nos processos produtivos em todos os setores utilizando práticas e princípios oriundos da filosofia *Lean*, como o caso da metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED). O presente trabalho demonstra conceitos associados a metodologia, bem como o emprego da mesma em uma linha de produção de uma empresa especializada em solda visando reduzir o tempo de *setup*, ou tempo de preparação de máquina, através da exploração dos tempos de execução das atividades, identificação e distinção dos tipos de *setup* e realização de melhorias. O uso da metodologia SMED resultou em redução significativa do tempo de *setup*, conseqüentemente aumentando a disponibilidade dos equipamentos para a produção, afirmando que sua utilização gera resultados positivos para organização.

**Palavras-chave:** Manufatura Enxuta, Redução Desperdício, SMED.

## ABSTRACT

Now, the market profile is rapidly changing and companies need to develop ever-leaner systems. Reality seen mainly in the automotive sector because it is incorporated in one of the most competitive markets that exists. Given this circumstance, it is fundamental to minimize the waste in the productive processes in all sectors using practices and principles from the Lean philosophy, such as the Single Minute Exchange of Die (SMED) methodology. The present work demonstrates concepts associated to the methodology, as well as the use of the same in a production line of a company specialized in welding in order to reduce the time of setup, or time of machine preparation, through the exploitation of the times of execution of the activities, identifying and distinguishing types of setup and making improvements. The use of the SMED methodology resulted in a significant reduction of setup time, consequently increasing the availability of equipment for production, stating that its use generates positive results for organization

**Keywords:** Lean Manufacturing, Waste Reduction, SMED.

---

<sup>1</sup>Graduada em Engenharia de Produção

## 1. INTRODUÇÃO

Popularizada no início do século XX por Henry Ford, a produção em massa foi o pilar estrutural para processos produtivos durante décadas. Em suma este modelo prevê a fabricação de produtos não diferenciados em altos volumes. Todavia, ao decorrer do tempo, frente ao cenário de cada época, houve uma mudança de paradigma, a busca passou a ser por uma produção mais diversificada, com baixo volume e melhor qualidade agregada.

Baseado em Coriat (1988), nos grandes setores de produção em massa de produtos discretos, como automóveis, as capacidades instaladas eram menores que a demanda global do mercado. Este cenário foi modificado por uma crise de abrangência mundial, a crise do petróleo de 1973.

Quando a demanda era maior que a oferta os padrões de consumo eram ditados pelos fornecedores. Os mesmos determinavam regras, modelos, fabricantes. Com a alteração dos preços do petróleo a economia entrou em um estado de recessão subsequente, a capacidade produtiva instalada tornou-se maior que o volume requerido pelo mercado forçando as empresas a reverem seus modelos produtivos, tornou-se necessário adotar respostas rápidas ao acirramento da concorrência decorrente do novo cenário econômico.

Em síntese, a crise do petróleo marca a transformação da economia mundial, trazendo como consequência a substituição do modelo tradicional de produção em massa. Baseado em Antunes (2008), dentre as consequências práticas para as empresas da época estão: a necessidade de produzir lotes menores e produtos diversificados, preços compatíveis e produtos com qualidade, menores tempos de entrega. Diante do sistema de produção em massa as novas necessidades do mercado seriam impraticáveis, exigindo a criação de novas formas de gestão da produção. Segundo Ohno (1997), o paradigma do período pós-crise era o que fazer para elevar a produtividade, quando as quantidades não aumentam. Neste cenário, a Toyota Motor Company ganhou atenção mundial ao apresentar bom desempenho frente a condição mercadológica conturbada que se instalará.

O êxito da adaptação da Toyota as novas normas do mercado devem-se ao Sistema Toyota de Produção (STP). Em 1950 um engenheiro japonês Eiji Toyoda, membro da família fundadora do Toyota Motor Company, visitou a fábrica da Ford em Rouge, o complexo manufatureiro mais eficiente do mundo, objetivando encontrar formas de superar a depressão econômica que enfrentava na Toyota. Voltando para o Japão, Eiji Toyoda chegou à conclusão que o modelo de produção em massa não serviria para o Japão, era preciso desenvolver um sistema que atendesse a sua realidade. Levou 30 anos para que Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, considerado criador do STP, aperfeiçoassem e implementassem o STP na Toyota, sistema esse que revolucionaria a indústria automotiva em todo o mundo.

O STP, também conhecido como produção *lean*, é uma filosofia de gestão que prevê o aumento da produtividade através da eliminação de desperdícios em todos os aspectos da produção. “A ideia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida” (OHNO,1997).

Frente ao cenário competitivo atual, onde as fábricas precisam ser flexíveis para absorver uma grande variedade de produtos e ao mesmo tempo atender com rapidez as demandas dos consumidores, a redução do tempo de preparação de máquina e eliminação de desperdícios de toda ordem para concentrar-se em atividades que de fato agregam valor podem ser considerados requisitos básicos de sobrevivência.

## **1.1 PROBLEMA DE PESQUISA**

Nos dias atuais, altamente dinâmicos e competitivos, tornar-se indispensável a busca por alternativas que promovam diferenciação e vantagem competitiva frente aos concorrentes. Nesse cenário, altos tempos de setup e atividades que não adicionam valor na visão do cliente diminuem de forma significativa a lucratividade da empresa.

Diante deste desafio quais são as possíveis alternativas para o aumento da produtividade e da eficiência em uma célula produtiva de uma empresa especializada em solda localizada no estado da Bahia?

## **1.2 OBJETIVO GERAL**

Este trabalho pretende demonstrar um estudo de caso sobre a utilização da ferramenta SMED (*Single Minute Exchange of Die*), também conhecida por Troca Rápida de Ferramenta, em uma célula produtiva de uma empresa especializada em solda situada no Estado da Bahia.

## **1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

a. Apresentar leituras e fundamentos teóricos que demonstram a proposta da pesquisa (ex. OHNO, 1997; WOMACK JAMES P.: JONES, 1998; WEKEMA, 2010);

b. Apresentar a aplicação da metodologia SMED associada a ferramentas *lean* em uma célula de uma empresa do setor automotivo especializada em solda;

c. Demonstrar os benefícios da aplicação das ferramentas *lean* para aumento de produtividade em processos produtivos.

## **1.4 JUSTIFICATIVA**

Sabe-se que no passado, o cenário econômico exigiu que a indústria automobilista adotasse estratégias para sobreviver. Atualmente, não é diferente, montadoras e seus fornecedores são severamente desafiados a suprir uma demanda que exige melhor qualidade, menor custo e maior eficiência. Para cumprir tais exigências, uma alternativa eficaz é a otimização

dos processos através da eliminação de desperdícios e atividades que não agregam valor, através da produção enxuta.

Este trabalho colabora com empresas que, semelhantes a empresa que ambientou o estudo de caso, fazem parte do setor automobilístico e necessitam continuamente melhorar seus processos. O foco deste trabalho é demonstrar como a metodologia SMED associada a outras ferramentas do STP contribuíram para o aumento da produtividade, eficiência e estabilidade de uma célula de produção através da redução do tempo de máquina parada por setup.

O artigo foi organizado da seguinte maneira: no item 2 apresentam-se conceitos básicos necessários para bom entendimento do trabalho proposto, dentre eles a história do Sistema Toyota de Produção, o contexto histórico em que surgiu, sua evolução, e os principais conceitos e princípios da metodologia SMED. No item 3 apresenta-se o referencial metodológico, item 4 a apresentação da empresa, do estudo de caso e divulgação dos resultados, no item 5, finalizando, encontram-se as conclusões do artigo.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

O artesanato, forma preliminar de organização da produção, teve início no fim da idade média impulsionada pelo renascimento comercial e urbano. O sistema de produção artesanal definia-se pela produção independente e pela qualificação dos produtores artesanais, do qual o trabalho incluía desde a manufatura até consertos, utilizando ferramentas e máquinas rudimentares e de aplicações diversas. Baseado em Pascal (2008), a produção artesanal apresentava força de trabalho composta por profissionais capazes de executar inúmeras tarefas, com habilidade em desenho, máquinas e montagens. O artesão coordenava o processo e mantinha contato direto com fornecedores, trabalhadores e clientes.

A produção artesanal pode ser considerada uma era “dourada”, onde a arte era valorizada e as empresas davam atenção singular a cada cliente, porém os custos de produção eram elevados e os produtos eram destinados a um mercado muito restrito de pessoas financeiramente favorecidas. À medida que a oferta ia aumentando, a procura mantinha-se com índices semelhantes o que não favorecia a sustentabilidade deste mercado. Henry Ford e Fred Winslow Taylor se empenharam para vencer esses problemas.

Na atualidade a produção artesanal continua a existir em pequenos nichos, geralmente para produtos de luxo. Por exemplo, empresas como a Lamborghini, a Ferrari e a Aston Martin continuam a produzir pequenos volumes de veículos muito caros para compradores em busca de prestígio e a oportunidade de lidar diretamente com a fábrica. (PASCAL, 2008, p.20).

Fred Winslow Taylor (Filadélfia, 20 de março de 1856 — Filadélfia, 21 de março de 1915), propulsor da Administração Científica, elaborou os pilares da produção em massa através de técnicas que deixavam as tarefas repetitivas e mais rápidas através da identificação da melhor maneira de executar uma atividade. Este modo de produção popularizou-se pois permite altas taxas de produção por trabalhador e ao mesmo tempo preços baixos visto que os custos são diluídos no volume de produção. Entre as muitas inovações dessa abordagem podemos citar trabalho padronizado, tempo de ciclo reduzido, medição e análise para melhorar continuamente o processo. Contudo, baseado em Pascal (2008), a Administração Científica apresentava algumas deficiências.

O mecanicismo de produção em massa, visto que para Taylor o trabalhador deveria ter a mesma regularidade e prontidão das máquinas. Suas afirmações e princípios, pois não houve nenhum modelo científico que explicasse os seus achados, seus princípios só se verificam na prática. E a abordagem parcial envolvendo apenas a organização formal, limitando o campo de aplicação à fábrica.

Paralelamente, Henry Ford buscava desenvolver um automóvel que fosse fácil de fabricar e consertar, conseguiu o que queria em 1908 com o



Model T. que tinha como principais características a intercambiabilidade das peças e a facilidade de montagem, Henry Ford criou um sistema de organização intitulado Fordismo.

Para alcançar a intercambiabilidade desejada, reduziu o número de peças moveis e padronizou o uso de peças. Para otimizar a linha de montagem reduziu o número de atividades por operador, assim como teve a brilhante ideia de tornar a linha de montagem móvel, onde o operador ficava parado realizando uma tarefa específica e o produto deslocava-se por uma esteira. “Ford criou uma espécie de “esteira rolante”, onde as peças dos automóveis passavam em frente ao trabalhador, este que tinha que fazer seu serviço dentro de um curto espaço de tempo” (Fernando, 2015). Baseado em Womack (1998), após a introdução gradativa das mudanças no sistema de produção de veículos, as atividades necessárias para a montagem de um veículo Ford reduziram de 750 minutos, em 1913, para 93 minutos, em 1914, redução de 88% do esforço. Tais inovações resultaram na redução substancial nos custos unitários de produção, possibilitando atender uma grande demanda anteriormente comedita.

Durante a primeira metade do século XX, o Fordismo representou o principal motor de desenvolvimento econômico dos países que a ele aderiram, mesmo durante a recessão. O ano de 1955 representa o pico da produção fordista, tendo sido atingida a marca de sete milhões de veículos vendidos. Por outro lado, depois do pico sempre existe uma queda, e essa aconteceu nos anos que se sucederam.

O Fordismo passa a apresentar sinais de esgotamento quando, após anos de crescimento, as indústrias percebem que não é mais possível crescer apenas expandindo seus mercados e sua capacidade produtiva de maneira padronizada, uma vez que os principais mercados do mundo haviam sido plenamente ocupados e a demanda apresentava tendências decrescentes. (RENATO,2008).

O Fordismo apresentou sinais de conflito e declínio, era necessário o surgimento de um novo modelo que fosse flexível, com produtos diferenciados, com qualidade e que retirasse a condição de alienação do trabalhador

estabelecida na produção em massa tradicional. Essas condições serão alcançadas em um conceito inovador oriundo do Japão, o Sistema Toyota de Produção.

Eiji Toyoda, fundador do STP, percebendo que era impraticável utilizar o sistema tradicional de produção em massa no Japão foi obrigado a repensar o modelo norte americano adequando a sua necessidade. Percebeu que era necessário atender uma demanda que buscava variedade de produtos, possuir máquinas flexíveis, melhorar a qualidade consequentemente diminuindo as taxas de defeitos, acabar com a subutilização do trabalhador tornando o mesmo o recurso mais valioso. Após anos de aperfeiçoamento e aplicação o STP deu a Toyota vantagem competitiva tornando-a líder em produtividade e qualidade, tal sistema mudaria a indústria da manufatura para sempre.

## **2.2 O SISTEMA LEAN DE PRODUÇÃO**

A produção *lean* é um termo idealizado criado por James Womack e Daniel Jones no livro “A Máquina que Mudou o Mundo” objetivando se referir a filosofia de negócios proveniente do Sistema Toyota de Produção. Em contraste aos modelos de produção predominantes antes, a produção enxuta harmoniza as vantagens da produção artesanal e em massa, evitando a rigidez desta e os custos elevados da primeira. O conceito de Manufatura Enxuta foi mencionado por diferentes autores, e com diferentes conceitos, como:

A busca de uma tecnologia de produção que utilize a menor quantidade de equipamentos e mão-de-obra para produzir bens sem defeitos no menor tempo possível, com o mínimo de unidades intermediárias, entendendo como desperdício todo e qualquer elemento que não contribua para o atendimento da qualidade, preço ou prazo requeridos pelo cliente. (SHINOHARA,1988).

Guerra ao desperdício, produção flexível e automatizada, grupos de trabalho autogeridos, administração enxuta, produção enxuta para produzir na quantidade certa, ciclo de PDCA, alta qualidade e preço baixo. Estas ideias formam a base da cultura da organização, diretamente englobadas com a filosofia do aprimoramento contínuo, o Kaizen. Este sistema visa à eliminação total das perdas através do

estoque zero (Just In Time) e a alta qualidade na fabricação. (SHINGO, 1996).

O sistema de produção japonês é um modelo de gestão que tem por objetivo produzir mais com menos, menos material, menos maquinário, menos esforço humano, e ao mesmo tempo dar ao cliente o produto requerido no momento desejado. Processos que consomem recursos adicionam custos, mas não geram qualquer valor ao produto são chamados de desperdícios e devem ser eliminados de modo a minimizar ineficiências nos processos.

### **2.2.1 CONCEITOS CHAVE DA PRODUÇÃO ENXUTA**

Todas as atividades de uma organização podem ser classificadas em três grupos, em convenção com a visão do cliente. Atividades que agregam valor, são as atividades que adicionam valor ao produto e que o cliente está disposto a pagar, refere-se ao trabalho de fato. Atividades necessárias ou auxiliares, atividades que apesar de não acrescentar diretamente valor ao produto necessitam ser realizadas. E por fim atividades que não acrescentam valor, são aquelas que consomem recursos, mas não contribuem para o processo de geração do valor, os clientes não estão dispostos a pagar.

De acordo com Hines e Taylor (2000), a grande maioria das atividades se encaixa no grupo das atividades que não agregam valor. Para aumentar a eficiência e reduzir os custos é necessária eliminação de atividades que não agregam valor.

### **2.2.2 DESPERDÍCIOS**

A palavra japonesa *muda* significa perda. O *muda* refere-se a elementos que não colaborem para o alcance da qualidade, preço ou prazo desejados pelo cliente. Na visão de Womack James P.: Jones (1998) existem 7 desperdícios existentes nos processos produtivos.

*Muda* pelo excesso de produção, produzir itens mais cedo ou em maiores quantidades que o necessário para o cliente. Produção antecipada ou maior que o necessário resulta em perdas como uso inútil de mão de obra e equipamentos, acréscimo de maquinário gerando desperdícios com investimento, armazenamento e transporte resultante do estoque excessivo, aumento dos custos de transporte e custos administrativos.

*Muda* pelo excesso de inventário, quando o recurso financeiro está “aprisionado” no sistema produtivo. Excesso de matéria-prima, estoque entre processos ou produtos acabados aumentando o custo operacional, ocupando espaço e exigindo equipamentos e mão de obras adicionais. Minimizando as formas de desperdícios, reduzem-se, por consequência, os desperdícios de estoque.

*Muda* pelo excesso de refugos e retrabalhos, produtos irregulares que interferem na produtividade e interrompem o fluxo, exigem retrabalho dispendioso e elevam o sucateamento. Produção para substituição e inspeção significa desperdício de tempo, de manuseio e de esforço.

*Muda* pelo excesso de movimentação, nem todas as operações agregam valor ao produto, todo movimento corporal não diretamente conexo à agregação de valor é improdutivo. Deve-se considerar como muda também qualquer ação que exija esforço físico excessivo do operador.

*Muda* pelo excesso de processamento, homem ou máquina realizando atividades/tarefas que não acrescentam valor ao produto e podem ser eliminadas.

*Muda* pelo excesso de espera, máquinas ou operadores com tempo ocioso, operador monitorando equipamento durante a execução de uma tarefa que agrega valor ou aguardando devido à falta de peças, paralisação de máquinas ou de algo que viabilize a produção.

*Muda* pelo excesso de transporte, manuseio excessivo de materiais, peças ou produtos acabados para estocá-los ou retirá-los do estoque ou entre processos.

Em suma, Lean Manufacturing pode ser entendido como “produção magra” porque usa “menos de tudo”. Metade do esforço humano, metade do espaço na fábrica, metade do investimento em ferramentas e metade do tempo. Eliminando defeitos, métodos obsoletos de trabalho e baixos índices de desempenho. (HOLWEG, 2007).

## 2.3 A METODOLOGIA SMED

O foco primordial da metodologia SMED está na redução dos tempos de *setup*. Shingo (1985), define tempo de *setup* como o tempo decorrido para substituição de referência em produção (ferramenta, moldes, equipamentos, etc.).

Para Kannenberg (1994), o tempo de *setup* será entendido como a soma de todos os tempos de todas as atividades que ocorrem a partir do momento em que a produção de um item A é finalizada até o momento em que a primeira peça do item B com qualidade seja produzida.

### 2.3.1 ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

Um automóvel é composto por inúmeras peças estampadas. No sistema de produção em massa para estampar essa diversidade e em alto volume era preciso uma quantidade grande de prensas dedicadas. A Toyota possuía uma demanda altamente diversificada, porém com baixos volumes, o que levava evitar adquirir máquinas dedicadas e específicas, portanto, era necessário realizar troca de moldes e ferramentas mais frequentemente. Ao aumentar a frequência de operações de *setup* ficou claro a necessidade de agilizar as trocas.

“A metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*) foi desenvolvida nos anos entre os anos 1950s e 1960s, por Shigeo Shingo” (SUGAI,2007). Em 1950, na planta de Matza no Japão, observando a operação de troca de prensas de estampagem Shingo percebeu que um operador gastou mais de 1

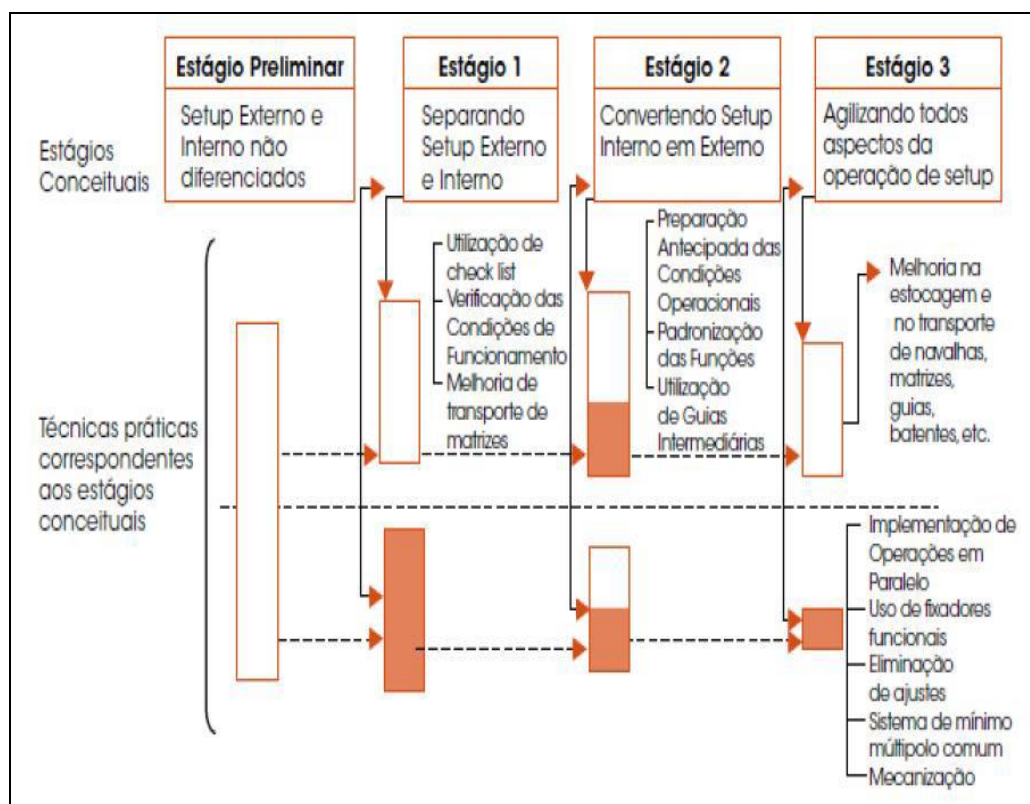
hora para dispor um parafuso que carecia para montar a matriz. Entendendo que era inadmissível interromper um *setup* de uma prensa de 800 toneladas em virtude de um parafuso e que os altos tempos de *setup* estavam diretamente ligados ao tempo de preparação de máquina Shingo percebeu a necessidade de identificar, classificar e otimizar as atividades de *setup*. Após anos de aperfeiçoamento, em 1969 na Toyota Motors Company, Shingo encurtou o *setup* de uma prensa de 1.000 toneladas de 4 horas para 90 minutos, e posteriormente aplicando mais esforços e separando as operações de *setup* em duas categorias, *setup* interno e externo, houve uma redução considerável do tempo de máquina parada para 3 minutos.

### **2.3.2 O MODELO DE APLICAÇÃO SMED**

Objetivando melhor analisar os procedimentos de troca, através do seu método Shingo identificou dois tipos de *setup*. *Setup* interno, quando a preparo só poderá ser feito quando a máquina, ou equipamento, estiver parado. *Setup* externo, quando a preparação é feita com a máquina ou equipamento em funcionamento, sem interromper a linha de produção.

Shingo observou que todas as atividades de *setup* possuíam uma sequência de passos comuns, portanto, seria possível a generalização de um método com o propósito de minimizar o tempo de *setup*. O mesmo classificou a aplicação da metodologia em 4 estágios de desenvolvimento.

A classificação é representada na figura 1.



**Figura 1. Esquema com as etapas do SMED**

Fonte: (SHINGO, 2000)

### 2.3.2.1 ESTÁGIO PRELIMINAR

Esta fase refere-se à observação do tempo real vigente, não há distinção entre *setups* internos e externos, vários desperdícios podem ocorrer elevando consideravelmente os tempos de *setup*.

Nesta fase é necessário sem interferência observar as atividades para conhecer todas as variantes dos processos e das máquinas. Objetivando facilitar a identificação de oportunidades de melhoria deve-se categorizar os elementos em agregadores ou não agregadores de valor. Os operadores devem ser envolvidos e escutados.

Goldacker & Oliveira (2008) propõem que o primeiro passo para análise do *setup* seja a filmagem e a cronometragem das atividades da forma como

comumente são. A filmagem e a cronometragem obtidas devem ser submetidas à análise dos operadores responsáveis pelas atividades filmadas, de modo oportunidades de otimização possam ser identificadas.

### **2.3.2.2 ESTÁGIO 1: SEPARAÇÃO ENTRE SETUP INTERNO E EXTERNO**

Monden (1984) declara que a diferenciação das ações de preparação interna e externa é o conceito mais importante para o SMED. Essa etapa constitui-se em para todos os elementos identificados verificar se as atividades, como executadas atualmente ou com após pequenas modificações, pode ser realizada enquanto a máquina estiver funcionando. Ações que podem ser efetuadas com a máquina em funcionamento foram classificadas como *setup* externo, atividades que só podem ser praticadas com a máquina parada são classificadas de *setup* interno.

É primordial assegurar que todas as atividades externas possíveis são realizadas fora do tempo que o equipamento está parado, mediante trabalho preparatório ou após *setup*. Como suporte utiliza-se *checklists* contendo todas as atividades que serão executadas, a quantidade de pessoas, componentes, ferramentas, parâmetros, de modo a auxiliar na execução das atividades, sejam externas ou internas.

### **2.3.2.3 ESTÁGIO 2: TRANSFORMAÇÃO DE SETUP INTERNO EM EXTERNO**

Consiste em diminuir o tempo de máquina parada, aumentando a disponibilidade da linha para produção. Conforme SHINGO (1985), para converter atividades de *setup* interno em atividades de *setup* externo é necessário encontrar meios de preparar as condições de operação antes de parar a máquina.



### **2.3.2.4 ESTÁGIO 3: ANALISAR AS ATIVIDADES DE SETUP INTERNO E EXTERNO IDENTIFICANDO OPORTUNIDADES DE MELHORIA**

O objetivo deste estágio é através de melhorias diminuir ao máximo os tempos de todas as atividades envolvidas no processo de *setup*. Melhorar a armazenagem e o transporte de ferramentas necessárias para o *setup* através da criação de um armazém próximo as máquinas. Eliminar ou reduzir apertos e ajustes. Diminuir o número de utensílios utilizados durante o *setup*. Efetuar operações em paralelo de forma bem distribuída. Padronização das atividades, com definição clara e simples das tarefas e da distribuição das mesmas. Treino para os executores, suportado pela padronização das atividades. Quando viável automatizar as tarefas.

### **2.3.3 VANTAGENS DA APLICAÇÃO DO SMED**

O primeiro resultado visível da aplicação das técnicas do SMED é a própria redução dos tempos de *setup*, que são tempos improdutivos. Segundo SHINGO (1985), grandes ganhos de tempo já tinham sido conseguidos até 1975, e, ao fim dos dez anos seguintes, os tempos de *setup* caíram para uma média de 2,5 % do tempo que era gasto originalmente.

A principal consequência dos ganhos de tempo com o SMED é a possibilidade de ser produtivo em um ambiente que exige grande diversidade de produtos e impõe pedidos de baixos volumes. Isso significa produzir em pequenos lotes o que ainda possibilita: giro de capital maior, melhor utilização da planta da fábrica, produtividade maior devido à redução de operações de movimentação do estoque, redução de obsolescência devido a lotes menores e agilidade maior para produzir um mix mais variado de produtos. (SHINGO,1985).

### **3. REFERENCIAL METODOLÓGICO**

No presente artigo primeiramente foi realizado um estudo bibliográfico do assunto proposto, com consultas à livros, dissertações, artigos, internet e uso de outros recursos.

A pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. (FONSECA, 2002, p. 32).

“Os exemplos mais característicos desse tipo de pesquisa são sobre investigações sobre ideologias ou aquelas que se propõem à análise das diversas posições acerca de um problema” (GIL, 2007, p. 44).

Em seguida apresentação de um estudo de caso demonstrando a aplicação do SMED em uma empresa de soldagem do ramo automotivo. Segundo Gil (2007), esta modalidade de pesquisa é amplamente usada nas ciências biomédicas e sociais. Patton (2002) declara que o propósito de um estudo de caso é reunir informações detalhadas e sistemáticas sobre um fenômeno.

Um estudo de caso pode ser caracterizado como um estudo de uma entidade bem definida como um programa, uma instituição, um sistema educativo, uma pessoa, ou uma unidade social. Visa conhecer em profundidade o como e o porquê de uma determinada situação que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando descobrir o que há nela de mais essencial e característico. (FONSECA, 2002, p. 33).

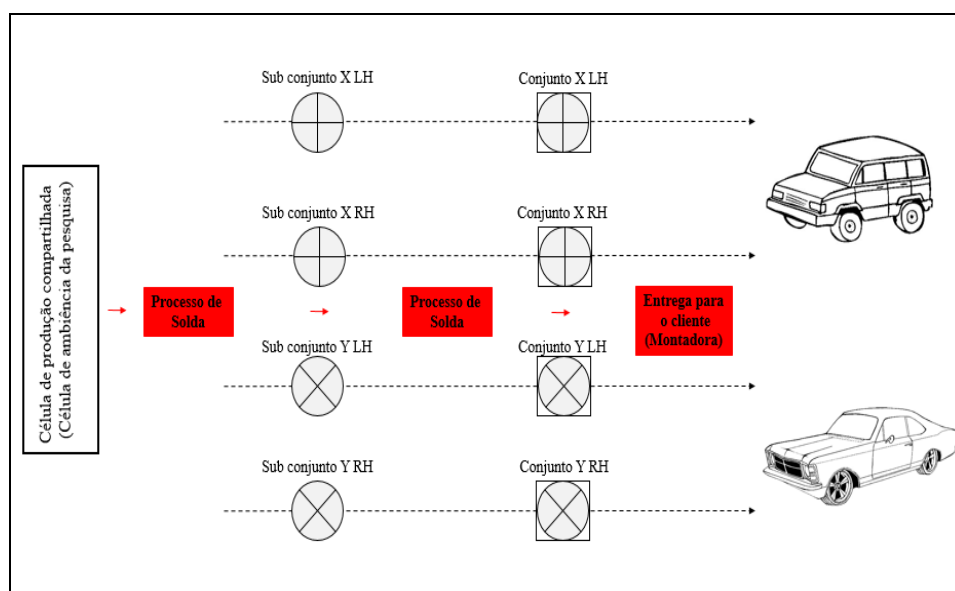
### **4. ANÁLISE DE DADOS**

A empresa que ambientou a pesquisa para o desenvolvimento deste estudo localiza-se em Camaçari-BA. Por questão de sigilo industrial a empresa de ambiência da pesquisa é abordada de forma genérica, refere-se ao seu

nome através da nomenclatura, “Solda S.A”. A empresa aplica o *Lean Manufacturing* a fim de melhorar os padrões de qualidade, produtividade, e de entrega, conseqüentemente garantindo certificações internas e externas e atendendo às necessidades de seus clientes. A escolha dessa empresa para ambientar o presente estudo de caso deu-se pela sua utilização de algumas ferramentas do *Lean Manufacturing* e pelos sucessos obtidos com a sua utilização.

A investigação foi realizada em uma célula de produção responsável pela soldagem dos produtos denominados “Subconjuntos X LH e RH” e “Subconjuntos Y LH e RH”. Entende-se “LH” como lado esquerdo e “RH” como lado direito.

A célula investigada não fornece produtos finais, e sim subconjuntos que serão utilizados para produção de conjuntos, em outras células. Os subconjuntos X LH e RH são para um modelo de carro, e os subconjuntos Y LH e RH para outro modelo de carro. O esquema ilustrativo exibido na figura 2 tem por objetivo colaborar com o entendimento do funcionamento do processo.

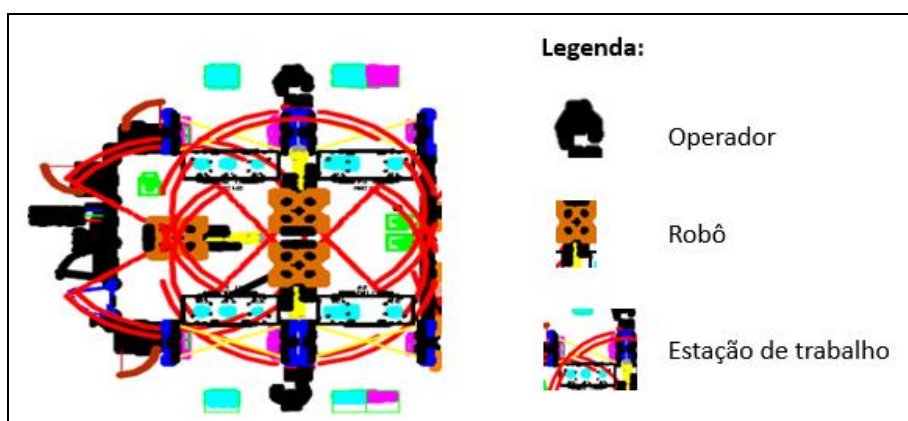


**Figura 2- Esquema ilustrativo do funcionamento do processo**

Fonte: Elaborado pelo autor

A célula de produção de ambiência da pesquisa possui arranjo celular. Womack Jams P: Jones (1998) definem uma célula de produção como um conjunto de equipamentos que executam operações diferentes em uma sequência rígida, a fim de permitir o fluxo contínuo e o emprego flexível do esforço humano por meio do trabalho polivalente.

Conforme a figura 3, célula de produção possui as seguintes características. 4 estações de trabalho sendo 2 para o lado LH e 2 para o lado RH, 2 operadores de produção sendo 1 para os lados LH e RH dos subconjuntos X e 1 para os lados LH e RH dos subconjuntos Y, 3 robôs compartilhados entre as estações.



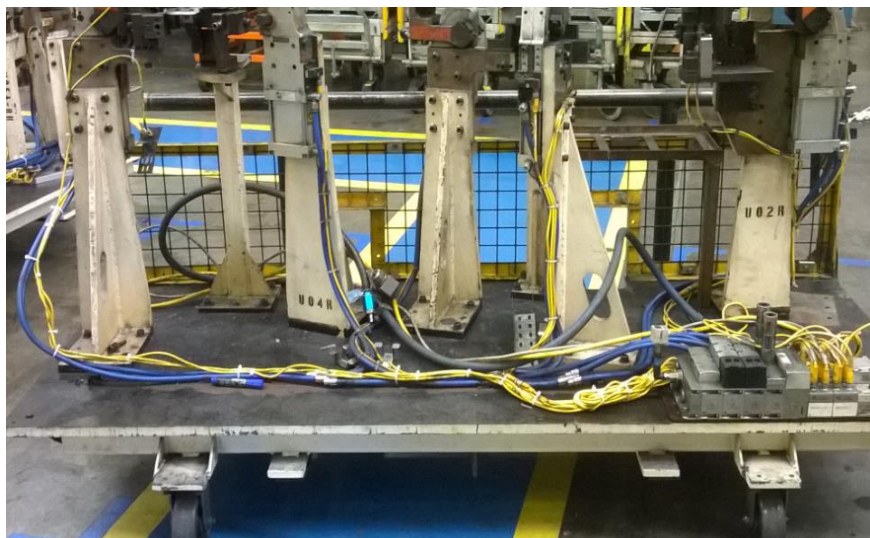
**Figura 3 - Layout célula de produção de ambiência do estudo de caso**

Fonte: Elaborado pelo autor

A célula de produção fornece subconjuntos para dois projetos distintos, tal escolha deve-se ao fato do volume requerido para cada projeto não demandar um dia inteiro de produção. Visando evitar ociosidade de máquinas e operadores, assim como tornar-se mais competitiva uma vez que os custos com investimentos foram reduzidos, a empresa optou por possuir apenas um arranjo físico e realizar trocas. Deste modo a célula de produção funciona 3 turnos de produção.

A alternância entre os modelos é possibilitada através da troca de dispositivos de solda móveis, ou “mesas” como comumente chamados, seu

modelo pode ser visto na figura 4. Todas as estações de trabalho trocam mesa durante a mudança de modelo, totalizando 8 mesas, quatro para cada modelo.



**Figura 4 - Dispositivo de solda móvel (mesas)**

Fonte: Dados da pesquisa

#### **4.10 PROCESSO DE TROCA**

As trocas são realizadas pelos operadores de produção que atuam nas linhas. Considerando que cada operador realiza o *setup* de 2 estações, em síntese o processo de *setup* envolve as seguintes atividades: encerramento do programa do modelo encerrado no computador, desconexão dos cabos de alimentação elétrica e pneumática da mesa, remoção de pinos fixadores que fixam as mesas a estação, retirada/movimentação das mesas para fora da célula de produção, retirada de caixas e cestos que armazenam componentes, disposição de caixas e cestos que armazenam componentes fora da célula de produção, buscar/movimentar mesas que serão utilizadas para produção do próximo subconjunto para célula de produção, encaixe das mesas na célula de produção, conexão dos cabos de alimentação elétrica e pneumática, encaixe de pinos fixadores das mesas, procura e disposição de caixas e cestos com

componentes que serão utilizados para produção, troca de modelo em produção no programa do computador.

Considerando *setup* como o tempo decorrido entre a saída da última peça de um modelo e da primeira peça boa do próximo modelo, o tempo decorrido para realizar troca de modelo na célula de ambiência da pesquisa era 30 minutos, sendo totalmente interno, ou seja, todas as atividades são realizadas com a célula de produção parada.

O tempo de ciclo, definindo tempo de ciclo como sendo o tempo necessário para produção de 1 produto, é 60 segundos para ambos os modelos, o tempo gasto com um setup equivale a 30 subconjuntos produzidos, considerando que os setups são necessários várias vezes ao dia e todo *setup* é interno, o tempo gasto impacta diretamente na produtividade.

#### **4.2 PROBLEMAS EXISTENTES**

Não existem horários pré-determinados para realização dos *setups*, os mesmos são realizados várias vezes ao dia mediante criticidade das linhas que recebem os subconjuntos. Os *setups* são longos, reduzindo a capacidade produtiva da célula visto que todo setup é interno. Os operadores reclamam da condição ergonômica, as mesas são muito pesadas e o processo requer excessiva caminhada. Frequentemente é preciso produzir subconjuntos em regime de hora extra, ou mesmo que os líderes continuem a produção enquanto os operadores estão em horário de almoço para atingimento a demanda de produção. Tais problemas motivaram a aplicação do SMED na célula de ambiência da pesquisa.

#### **4.3 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED**

A otimização da célula de produção estudada foi realizada por um grupo multidisciplinar da própria empresa, intitulado “time de melhoria continua”.

### 4.3.1 ESTÁGIO PRELIMINAR

Conforme (SHINGO,2000), esta fase prevê a observação do tempo real vigente, entendendo todas as variantes dos processos e das máquinas sem distinção entre *setups* internos e externos. Goldacker & Oliveira (2008) propõem que o primeiro passo para análise do *setup* seja a filmagem e a cronometragem das atividades da forma como comumente são.

Durante alguns dias, várias vezes ao dia, o time de melhoria continua observou e realizou filmagens das atividades realizadas durante as trocas de modelos. O objetivo do time, que é redução do tempo de *setup* para aumento de produtividade e redução de custos operacionais, foi compartilhado com os operadores.

Após observações constatou-se que não existe local para disposição de ferramentas utilizadas durante trocas. Existe uma instrução para troca de modelos porém a mesma é subjetiva e não é seguida pelos operadores. Operadores “perdidos” sem saber qual atividade realizar, devido à falta de procedimento eficaz e desorganização do ambiente. Frequentemente um operador precisa ajudar o outro devido à dificuldade para movimentar e posicionar as mesas, que pesam em média 550 Kg. Condição precária dos rolamentos da mesa dificultando movimentação. Não existe registro do tempo gasto com *setup*. Não existe demarcação no chão para os cestos que armazenam peças. O operador precisa procurar cada cesto, assim como procurar um espaço vazio para dispor os componentes que são retirados da célula. Peças que são usadas em ambos modelos possuem apenas um local de armazenamento, sendo ele móvel, precisando transportá-las a cada troca. Fotos do *setup* podem ser vistas na figura 5.



**Figura 5 – Fotos do *setup***

Fonte: Dados da pesquisa

#### **4.3.2 ESTÁGIO 1: SEPARAÇÃO ENTRE SETUP INTERNO E EXTERNO**

Esta fase consiste em classificar todas as atividades em *setup* interno ou externo. Atividades que podem ser efetuadas com a máquina em funcionamento devem ser classificadas como *setup* externo, atividades que só podem ser realizadas com a máquina parada são classificadas de *setup* interno. Quanto maior o *setup* interno menor o tempo disponível para produção.

Após a fase de mapeamento, foram feitas análises dos dados coletados. Utilizando um documento intitulado “*Checklists para Análise das Atividades de Setup*”, todas as atividades realizadas durante o *setup* foram listadas, para



cada *setup* filmado um *checklists* foi preenchido. O objetivo do documento mencionado é classificar as atividades em *setup* interno ou *setup* externo, assim como registrar o tempo gasto em cada atividade. O modelo do *checklists* pode ser visualizado no anexo 1.

Sintetizando os *checklists* preenchidos, além dos pontos já observados, constatou-se que não há antecipação de atividades, todas as atividades são realizadas com as máquinas paradas. Não existe um fluxo, os operadores executam o *setup* de forma aleatória, favorecendo uma movimentação desnecessária. A organização do *layout* corresponde a maior do tempo de *setup*. Cada operador executa o *setup* da sua maneira, a sequência de atividades, assim como tempo varia de um operador para o outro.

#### **4.3.3 ESTÁGIO 2: TRANSFORMAÇÃO DE SETUP INTERNO EM SETUP EXTERNO**

Este estágio consiste em transformar *setup* interno em externo. É primordial assegurar que todas as atividades externas possíveis são realizadas fora do tempo que o equipamento está parado, mediante trabalho preparatório ou após *setup*.

Conhecendo as oportunidades de melhoria existentes, o time de melhoria buscou transformar o máximo de atividades internas em externas. Constatou-se que as atividades que envolvem organização de *layout* representam maior tempo na troca e que algumas etapas poderiam ser executadas em paralelo com a produção. Considera-se organização de *layout* a retirada e a disposição de peças no arranjo físico possibilitando a produção.

Para transformar parte da organização do *layout* em *setup* externo foram confeccionados carrinhos, figura 6, com capacidade para armazenar material para 10 minutos de produção. Imediatamente após a troca das mesas os operadores devem iniciar a produção, utilizando os materiais dispostos no carrinho, em paralelo o líder deve organizar o *layout* da célula.