

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

José Iondici dos Santos

Fernando Henrique Guedes

**SMED: REDUÇÃO DO TEMPO DE SETUP NA
USINAGEM DE PEÇAS NÃO – SERIADAS**

Taubaté – SP

2017

José Iondici dos Santos
Fernando Henrique Guedes

**SMED: Redução do tempo de Setup na
usinagem de peças não-seriadas**

Trabalho de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica

Orientador (a): Prof. Dr. Mauro Pedro Peres

Taubaté – SP
2017

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado
de Bibliotecas / UNITAU - Biblioteca das Engenharias**

Santos, José Iondici dos

S237s SMED: redução do tempo de Setup na usinagem de
peças não-seriadas. / José Iondici dos Santos, Fernando
Henrique Guedes. - 2017.

39f. : il; 30 cm.

Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) –
Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia
Mecânica e Elétrica, 2017

Orientador: Prof.Dr. Mauro Pedro Peres, Departamento
de Engenharia Mecânica e Elétrica.

**SMED: REDUÇÃO DO TEMPO DE SETUP NA USINAGEM DE PEÇAS NÃO -
SERIADAS**

**JOSÉ IONDICI DOS SANTOS
FERNANDO HENRIQUE GUEDES**

Trabalho de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica

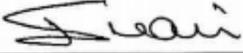
Orientador (a): Prof. Dr. Mauro Pedro Peres

Data: 09/11/2017

Resultado: APROVADO

BANCA EXAMINADORA

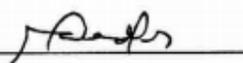
Prof. Me. Ivair Alves dos Santos UNITAU

Assinatura 

Me. Ramon Moreira Peres Membro Externo

Assinatura 

Prof. Dr. Mauro Pedro Peres UNITAU

Assinatura 

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus que me deu essa oportunidade e me abençoa ao realizá-las, a meus pais Mario Celso e Maria Helena que sempre me apóiam em toda e qualquer realização na minha vida, tanto profissional quanto pessoal, a meus irmãos Jeferson e Leticia, a meu amigo e orientador Prof. Mauro Pedro Peres que se pôs a disposição para me orientar e sanar todas as minhas dúvidas na confecção deste trabalho, agradeço também a meu colega e dupla Fernando Henrique Guedes que esteve presente na confecção deste trabalho, a meus colegas de estudo Anderson Rocha, Allan Botossi, Renan Ribeiro e Gilberto Moraes que me apoiaram em todas as fase da graduação e a seus familiares que com simples gestos de carinho nos ajudaram a superar todas as dificuldades.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me proporcionado este momento, por ter me dado saúde e inteligência para superar todas as dificuldades e conseguir chegar onde hoje estou, aos meus pais, pelo amor, carinho, paciência e seus ensinamentos, aos meus amigos que estiveram do meu lado em todos esses momentos, ao meu amigo, e orientador Prof. Mauro Pedro Peres pela paciência, dedicação e ensinamentos que possibilitaram que eu realizasse este trabalho.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo.
Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas
admiráveis”

José de Alencar.

RESUMO

Com a crescente necessidade das indústrias, produzirem mais, com menores custos e em menor tempo, tornou-se praticamente indispensável a implementação de métodos e ferramentas eficazes para otimização do processo de fabricação. Conceitos de Manufatura Enxuta são hoje um dos grandes pilares das empresas que desejam manter-se vivas e competitivas no mercado. Esse estudo nasceu da análise da necessidade de se aumentar a produtividade dos componentes super-pesados não-seriados na área de usinagem por meio da implementação do método SMED (Single Minute Exchange of Die, ou Troca Rápida de Ferramenta), que visa a redução do tempo de “setup”, ou preparação de máquinas e ferramentas. Esses componentes, por terem um ciclo de fabricação longo, exigem implementações de medidas mais complexas para que se obtenham resultados e efeitos realmente expressivos na redução do ciclo de fabricação, assim com um planejamento muito bem estruturado, diferentemente de processos seriados nos quais, pequenas soluções costumam surtir grandes efeitos na questão de redução de custos e ciclos de produção em determinadas fases do processo de fabricação. Então o objetivo é implementar soluções e métodos, analisando-se tanto o aumento da produção quanto a oportunidade de se estender a metodologia em todas as fases do processo de fabricação.

Palavras-chave: Flexibilidade, Produtividade, Redução de Desperdícios, Sistema Toyota de Produção, SMED.

ABSTRACT

With the increasing need of industries to produce more and more day after day, and applying lower costs and also in less time, it became practically indispensable to implement effective methods and tools to optimize the manufacturing process. Lean manufacturing concepts are today one of the greatest pillars of the companies that focus to stay alive and competitive in the market. This theory came up with the analysis and the necessity of increasing the productivity of the non-serial super heavy components in the machining area through the implementation of the SMED (Single Minute Exchange of Die) method, which aims at reducing the setup time, or preparation of machines and tools. These components, as they have a long manufacturing cycle, require implementation of more complex measurement system in order to obtain really expressive results and effects in the reduction of the manufacturing cycle, as well as a very well structured planning, unlike serial processes in which small solutions usually have great effects on the issue of cost reduction and production cycles at certain stages of the manufacturing process. So the goal of this work is to indicate the implementation of solutions and methods, analyzing both the increase in productivity and the opportunity to extend the methodology to all the phases of the manufacturing process.

Key words: Flexibility, Productivity, Waste Reduction, Toyota Production System, SMED.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Operação/ Proporção de Tempo.....	23
Quadro 2 - Descrição do processo de usinagem BED PLATE	28
Quadro 3 – Detalhamento das atividades do setup – 1º Fixação	30
Quadro 4 - Detalhamento das atividades do setup – 2º Fixação.....	30
Quadro 5 - Tabela de ECRS	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ação do SMED	22
Figura 2 - Gráfico das Paradas Improdutivas – Antes da Implementação	27
Figura 3 - Componente Eólico – BED PLATE	28
Figura 4 - Processo de usinagem – BED PLATE	29
Figura 5 - Carrinho de acessórios	32
Figura 6 - Armário de acessórios	33
Figura 7 - Setup de Bed Plate	33
Figura 8 - Setup de Bed Plate	34
Figura 9 - Setup de Bed Plate	35
Figura 10 - Processo de usinagem – BED PLATE	36
Figura 11 - Gráfico de resultados – BED PLATE	36
Figura 12 - Plano de setup	37
Figura 13 - Gráfico das Paradas Improdutivas – Depois da Implementação	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Problema	14
1.2 Objetivos.....	14
1.3 Delimitação do estudo	14
1.4 Relevância do estudo	14
1.5 Organização do trabalho.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 Manufatura.....	16
2.2 Breve histórico	16
2.3 Manufatura enxuta.....	17
2.4 Conceitos chave da produção enxuta	18
2.5 Definição da lean manufacturing.....	18
3 MÉTODO	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
4.1 Análise dos resultados	26
4.2 Ações realizadas.....	30
5 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

Nos tempos de hoje as empresas precisam buscar exaustivamente soluções para se manterem competitivas no mercado e serem líderes nos seus negócios e estarem sempre à frente de seus concorrentes. Para isso torna-se necessário alcançar resultados efetivos como maleabilidade, produtividade, agilidade, qualidade, seguindo tendências tecnológicas globais, melhorias contínuas de processo para redução dos custos operacionais e eliminação máxima de desperdícios de tempos e recursos (Vergani, 2012).

Como fato único de sobrevivência, a indústria tem recorrido cada vez mais a ferramentas que auxiliam no aproveitamento mais efetivo de seus recursos otimizando assim processos produtivos e aumentos da disponibilidade de seus recursos ativos. Ohno (1997) diz que a genuína melhoria na eficiência surge ao produzir com desperdício zero. A total eliminação desses desperdícios estimula a eficiência de operação para atingir patamares mais elevados.

Este trabalho aborda uma das ferramentas mais eficazes na redução de tempo de operações que não agregam valor nos produtos, uma delas é o setup em áreas de manufatura, tratando-se de SMED (*Single Minute Exchange of Die*), ou Troca Rápida em um dígito de minuto, em português.

Para este estudo será analisado a fabricação não-sequencial de um componente específico em sua fase de usinagem, tomando como base uma empresa fornecedora de equipamentos para turbinas hidroelétricas que possui máquinas de usinagem em seu processo, identificando pontos de melhoria, simplificação e reduções de tempo no processo. Através dessas informações será realizado um estudo de caso onde irá ser apresentado à necessidade da implementação da ferramenta SMED, com objetivo de diminuição dos ciclos de usinagem e o tempo de preparação em máquina, para eliminação de operações que não agregam valor durante o processo de usinagem.

1.1 Problema

Trata-se de uma empresa fabricante de turbinas para usinas hidrelétricas de multi-projetos, onde os recursos são gerenciados de uma forma que possa atender as necessidades de todos os projetos simultaneamente, e com o objetivo de atender esta demanda, faz se necessário ser cada dia mais produtivo com foco no gargalo, ou seja as máquinas de usinagem.

1.2 Objetivos

O objetivo deste estudo é reduzir o tempo de Setup das peças durante o processo de usinagem, visando eliminar as atividades que não agregam valor no produto e desenvolver padrões de setup buscando a sustentabilidade do processo.

1.3 Delimitação do estudo

Trata-se uma única empresa, que apesar de operar de maneira similar às demais empresas do setor, não implica que os resultados possam ser generalizados.

1.4 Relevância do estudo

As empresas desenvolvem projetos em que a manufatura das peças e componentes é uma decisão importante. Pois existem prazos, custos e qualidade envolvidos e estes requisitos devem ser atendidos com excelência. É importante organizar a produção de forma a evitar gargalos, superprodução, buscar em linhas gerais o nivelamento da produção e para este estudo um quesito que é inerente a um processo de usinagem e será analisado será o Setup, pois é onde está concentrado umas das maiores perdas e que não é fácil de recuperar, ou seja, o tempo.

1.5 Organização do trabalho

Serão abordados conceitos sobre manufatura, como surgiu e a importância de se reduzir o tempo do Setup, focando em eliminar as atividades que não agregam valor ao produto.

Também serão estudados conceitos de manufatura enxuta, Lean Manufacturing, sistema Kanban, definições sobre SMED, tempo, prazo e risco. Em seguida será apresentado um caso de aplicação, que analisará o problema que afetava a organização mostrando o cenário antes, as mudanças no processo de usinagem de um componente de uma turbina eólica, a aquisição de ferramentas, treinamento, conscientização e capacitação da equipe de operadores.

E por fim os resultados alcançados com as mudanças realizadas e por último no quarto capítulo as considerações finais, buscando enfatizar os resultados alcançados com a implantação e efetivação da ferramenta SMED, as vantagens e as desvantagens, como está sendo utilizada e possíveis aspectos que ainda podem ser melhorados para garantir a sustentabilidade do processo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Manufatura

Será abordado neste capítulo a história da manufatura enxuta, focada em Lean Manufacturing relatando brevemente o surgimento, e seus benefícios focados na eliminação de desperdícios, exemplos de aplicação e principais ferramentas que tornam o método eficiente.

Este estudo mostra o que motivou o surgimento da metodologia, suas principais ferramentas que garantem a eficácia da metodologia, dentre elas o SMED, que é nosso principal objetivo, identificar as vantagens e dificuldades na aplicação da ferramenta.

2.2 Breve histórico

Trata-se de administração da produção o gerenciamento das operações físicas de atividades destinadas a manufaturar um componente e isso tem feito parte da vida humana desde a antiguidade, onde se relatam rotinas diárias de construções e manuseio de ferramentas.

No entanto, a atividade produtiva surge de forma organizada com o artesanato que posteriormente evoluiu para as fábricas, somente após o surgimento da revolução industrial.

Neste contexto mundial, surge o Japão como uma impactante renovação no cenário produtivo, o chamado sistema Toyota de produção, rico em inovações, como a revolução da qualidade total e o desdobramento da função da qualidade e uma dezena de outras, vieram para marcar uma nova era nos sistemas produtivos. (Martins; Laugeni, 2009).

É correto afirmar que o impacto causado pela Revolução Industrial foi bastante significativo nos diversos segmentos da vida das sociedades, transpondo o ambiente industrial e econômico. No contexto político, elevou o patamar da burguesia a uma posição de soberania em relação à classe proletária. Influenciou fortemente o

desenvolvimento científico, servindo-se de uma série de novas invenções e da expansão do domínio do homem sobre a natureza. (Pereira; 2010)

Diante da carência de produtos industrializados existentes até então, os volumes de produção foram aumentando cada vez mais, com a quebra sistemática dos novos gargalos conforme surgimento e produzir cada vez mais era o objetivo final. A sociedade industrial entra na chamada era da produção em massa, cujo representante mais proeminente foi Henry Ford. (Martins; Laugeni, 2009).

Basicamente o conceito central do Sistema Toyota de Produção é a exclusão máxima ou total do desperdício, para aumentar a eficiência da produção.

2.3 Manufatura enxuta

Manufatura Enxuta trata-se da integração de diversos métodos e ferramentas que compõem o sistema produtivo de uma empresa, com um único objetivo estratégico de atender as necessidades específicas dos clientes em tempo hábil e com baixo custo. Essa metodologia surgiu com a necessidade de eliminar desperdícios dentro de uma cadeia produtiva, obrigando as empresas a reduzir estoques, quebras e falhas de equipamentos, adaptar layout produtivo, identificar e tratar atividades que não agregam dentro da cadeia produtiva.

Ohno (1997) lista os principais fatores que resultam em desperdícios na indústria.

1 - Movimento: Desperdício de tempo devido à movimentação de pessoas realizada além do necessário;

2 - Espera: Desperdício de tempo devido a quebra de equipamentos ou falta de peças.

3 - Correção: Retrabalhos gerados por não conformidades;
Excesso de processamento: Processos desnecessários ou incorretos de atividades;

4 - Estoque: Armazenamentos demasiados de matéria-prima desnecessária e falta de matérias primas necessárias para o processo;

5- Superprodução: Produzir além do necessário, ou antes do momento da necessidade;

6 - Transporte (de materiais): Transporte de materiais ou peças ou produtos, o que não agrega valor aos mesmos e acaba por expô-los a riscos.

2.4 Conceitos chave da produção enxuta

As atividades produtivas ganharam um novo patamar, e passou a despertar o interesse e a atenção de especialistas e estudiosos, dando início a uma nova disciplina com um olhar voltado na melhoria dos processos produtivos de bens tangíveis (Martins; Laugeni 2009). Surgiram então novas teorias e termos popularizaram-se, dentre eles, alguns sinônimos: Sistema Toyota de Produção, Produção Enxuta, Manufatura Enxuta, *Lean Production*, *Lean Manufacturing* (ANDERE, 2012).

STEFANELLI (2007) diz que o conceito de produção enxuta deve ser visto como um modelo de gestão para todas as empresas, seus resultados são patentes no desenvolvimento de produtos, qualidade e produtividade. Uma pesquisa realizada pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) revelou que a Toyota havia criado um novo e superior padrão ligado aos princípios e grandezas vinculado a negócios (manufatura, desenvolvimento com clientes fornecedores) (LIKER e CONVIS, 2013).

Tais benefícios foram confirmados em 2009 quando a Toyota alcançou o posto de líder no mercado mundial em relação ao volume de vendas, graças ao acúmulo de vitórias ano a ano durante a última década, um grande feito considerando que as montadoras japonesas sequer se encontravam entre as dez principais no mundo.

Esse sucesso tem feito com que empresas de diferentes ramos de atuação e atividades, procurem cada vez mais implementar a metodologia Toyotista em sua cadeia produtiva (STEFANELLI, 2007).

2.5 Definição da *Lean Manufacturing*

O termo *Lean Manufacturing* ou *Lean Production*, que em sua tradução literal significa produção enxuta, que foi criado por meio de uma pesquisa realizada em

meados dos anos 1980 pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), pesquisa esta que visava compreender e analisar os métodos e práticas de gestão da indústria automobilística (ANDERE, 2012).

A *lean manufacturing* consiste na integração do desenvolvimento e criação de fluxo contínuo e sistemas definidos pela necessidade real dos clientes, a observação de melhoria do fluxo de valor das unidades e da rede completa, desde o produto bruto até o produto final, o desenvolvimento de produtos que serão efetivamente essenciais e terão real empregabilidade ao cliente. Os resultados proporcionam um acréscimo na oferta de produtos com prazos mais curtos aos clientes, com preços acessíveis, mais com a garantia da rentabilidade (STEFANELLI, 2007).

Lean é o método anticonceptivo aos desperdícios arraigados na organização, para se fazer produzir mais com menos, e satisfazer o cliente atendendo-o com qualidade e cumprindo prazos estipulados, utilizando o menor esforço possível, espaço, recursos, tempo e despesas globais. Flexibilidade e capacidade de resposta rápida as necessidades de seus clientes é o grande segredo do método *Lean*. (RIANI, 2006).

Segundo Plossl (1993), a produção deve ter seu processo simplificado para que se possa ter um controle adequado a fim de se obter a máxima flexibilidade de reagir à mudança. Deve haver uma grande integração entre a cadeia de fornecedores e as atividades internas, seus clientes e todo o planejamento e controle, interno e externo. Para a *Lean Manufacturing* o alicerce de uma organização tem que ser fundado com ações sincronizadas para que se evolua de um estado reativo para pró-ativo.

2.6 Princípios da Lean Manufacturing

Uma empresa Lean é uma empresa flexível e sustentável nos altos padrões de eficiência e qualidade sempre em alto nível de produtividade. Segundo Werkema (2012), os princípios Lean Manufacturing são sustentados pelos seguintes pilares.

VALOR: Seria o ponto inicial para a mentalidade enxuta. Frisando-se que não é a empresa que define o que é valor, mas sim o cliente. Quando algum setor necessita de algo, origina um valor e cabe às companhias definir qual é essa necessidade e tentar atendê-lo, cobrando um determinado preço para conservar a

empresa no negócio e obter lucros por meio de melhorias contínuas, reduzindo custos e progredindo na questão da qualidade.

FLUXO DE VALOR: Separando a cadeia produtiva e os processos em três partes, tem-se aqueles que geram valor, aqueles que não geram valor, mas são fundamentais para a manutenção dos processos e da qualidade e os que não geram valor e necessitam ser eliminados.

FLUXO CONTÍNUO: é uma aplicação de mudança no modo de pensar dos funcionários, que devem focar na “agilidade” dos processos, e afastar o pensamento de que produção por departamentos seja a melhor alternativa. Através de fluxos contínuos é notado um aumento na produtividade, com conseqüente redução no processamento de pedidos e nos estoques.

PRODUÇÃO PUXADA: modelo que coloca no centro das operações o fluxo de materiais. A decisão de qual produto será produzido, a quantidade e de que forma é baseado pelos produtos em estoque. Conforme os produtos são entregues aos clientes, são fabricados outros produtos para repor o estoque. Desta forma o ritmo da produção é determinado pelo consumo do cliente.

PERFEIÇÃO: Deve ser adotado por todos envolvidos no fluxo de valor como o principal objetivo. Buscando sempre a melhoria contínua (kaizen) focando um estado favorável. Todos os envolvidos nesse fluxo (fabricantes, revendedores, fornecedores, distribuidores) devem estar a par de todo o processo para discutir e buscar a melhor maneira de gerar valor.

Moraes e Sahb (2004), garantem que os objetivos alcançados pela empresa que investe no Sistema Lean são os seguintes:

Produção integrada aplicando o J.I.T (*Just In Time*);

Produção puxada em função do ramo de atividade;

Prevenção e garantia da qualidade;

Trabalho dividido em equipes (polivalentes);

Poucos níveis hierárquicos;

Eliminação de atividades que não agregam valor;

Integração de toda cadeia de suprimentos (matéria prima até o cliente final);

2.7 Ferramentas da Lean Manufacturing

Com base na implementação da Manufatura Enxuta, Elias & Magalhães (2003) dizem que cabe à empresa aderir a algumas práticas conhecidas, como: *Kanban*, manufatura celular, 5s's, *setup* rápido, inspeção autônoma, manutenção produtiva total, *poka-yoke* (dispositivos à prova de erros), *Kaizen*, entre outras. Essas práticas têm por finalidade eliminar as atividades irrelevantes para a companhia.

Kanban: Segundo Guimarães e Borges, (1997) *Kanban* seria um sistema para autorizar a produção e diminuir os estoques, usando cartões que facilitam a visualização do andamento dos fluxos na produção.

Manufatura Celular: Segundo Reynolds (1998), manufatura celular seria um processo que tem como base formar grupos de máquinas e discutir desenvolvimento de ferramentas que agreguem na melhoria da qualidade total dos produtos. (REYNOLDS, 1998).

Cinco S (5s): São cinco palavras japonesas, que compõem um método de manter a organização, limpeza, padronização, disciplina e liberação de espaços. (MARTINS; LAUGENI, 2009)

Setup-Rápido: É o método essencial para a redução de tempo de *setup* de uma máquina, onde o foco é reduzir o máximo possível o tempo de preparação de uma peça durante o processo de usinagem.

SMED: Mais do que uma teoria ou uma técnica para reduzir operações de *setup*, o SMED deve ser encarado como uma nova maneira de pensar a respeito das atividades de produção. É o método essencial que reduz o tempo de *setup* de uma máquina de produção. Em uma abordagem direta, SMED é uma técnica destinada à execução de operações de *SETUP* em tempos de um dígito de minuto, ou seja, tempos inferiores a 10 minutos. No entanto diz que “todo tempo de *setup* que exceder a um dígito de minuto é um desperdício” este será o desafio, garantir que o tempo de preparação da peça, ou seja o *setup* não

exceda um dígito de minuto. Mas como se pode fazer isto?

No entanto a redução no tempo de *setup* não é apenas manter estoque mínimo, mas sim flexibilizar a produção. Para reduzir o tempo de *setup* não é necessário conhecimento de máquinas, equipamentos e ferramentas, nem tampouco desenvolver habilidades de montar, desmontar, posicionar, ajustar ou calibrar. Por meio do SMED podem-se implementar estratégias que reduzem o nível de habilidades e conhecimentos requeridos para o *setup* convencional. Sua aplicação baseia-se nas etapas descritas a seguir:

Os esforços para melhoria costumam estar quase sempre focados na transformação que representa apenas 5% das atividades. As melhorias substanciais, capazes de criar forte diferencial competitivo, estão na eliminação de atividades que não agregam valor (Figura 1).

Figura 1 - Ação do SMED



Fonte: Apostila de treinamento SMED, Empresa, 2011

Shingo (2005) cita este primeiro estágio como um estágio preliminar, que antecede o início da implementação do SMED. As atividades nesta fase são operações executadas com a máquina já parada (*setup* interno) quando poderiam ser realizadas com a máquina em operação (*setup* externo), tendo como consequência altos tempos de *Setup*.

Shingo (2008) identificou que as operações de *setup* podiam ser de dois tipos: *setup* interno e *setup* externo. Classificam-se em *Setup* interno as operações que só podem ser realizadas quando a máquina estiver parada e em *Setup* externo.

As operações que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento. Para Shingo (2008) o *setup* ainda pode ser dividido em quatro funções, conforme apresentado no quadro 1. Neste, observa-se que, a maior parcela de tempo dentro de toda atividade de *setup* corresponde aos testes e ajustes, bem como na preparação das ferramentas e toda matéria-prima necessária ao *setup*.

Quadro 1 - Operação/ Proporção de Tempo

Operação	Proporção de Tempo
Preparação, ajustes pós-processamento e verificação de matéria-prima, matrizes, guias etc.	30%
Montagem e remoção das matrizes etc.	5%
Centragem, dimensionamento e estabelecimento de outras condições.	15%
Corridas de testes e ajustes.	50%
Fonte: Adaptado de Shingo (2008)	

Fonte: Adaptado de Shingo (2008)

TRANSFORMANDO O *SETUP* INTERNO EM EXTERNO - De acordo com Shingo (2005), esta etapa se resume na análise das operações de *setup* atuais para, assim, definir ações que efetivem a otimização do tempo de *setup* interno. Devem se aperfeiçoar todas as operações de preparação, operações externas devem ser executadas em paralelo, ajustes devem ser eliminados e só devem ser utilizados equipamentos confiáveis.

RACIONALIZANDO TODOS OS ASPECTOS DA OPERAÇÃO DE SETUP - Shingo (2005) ressalta que o estágio final do SMED trabalha na análise dos “novos” Setups interno e externo, visando detectar possíveis ações de melhoria em ambos.

Entre muitas melhorias realizadas ao longo do período com o SMED, as mais eficazes foram:

- Especificar os *Setups* internos e *Setups* externos
- Converter totalmente o *Setup* interno em externo
- Eliminar os ajustes
- Fixação rápida sem parafusos

Inspeção Autônoma: de com o portal LEAN INSTITUTE, a inspeção autônoma propõe assegurar a disponibilidade de peças ou equipamentos durante todo seu ciclo de vida, por meio de revisões, ajustes e restaurações executadas pelos próprios operadores, isento da colaboração dos manutentores. (LEAN INSTITUTE BRASIL)

Manutenção Produtiva Total: Seria uma filosofia, implementada por superiores, que visa, de forma organizacional o comportamento dos funcionários, não só em relação à manutenção, mas em todos os problemas relacionados à produtividade. (MARTINS; LAUGENI, 2009)

Poka-Yoke: (à prova de erros). Como declarado no portal ENDEAVOR BRASIL, seria um programa de inspeção criado para impedir falhas humanas e corrigir erros ocasionais em processos industriais, por meios de pequenas ações.

Kaizen: É uma prática voltada à melhoria contínua, com foco na eliminação de perdas em todo o conjunto organizacional. (MARTINS; LAUGENI, 2009).

De todos os métodos citados anteriormente, para este estudo será realizada a pesquisa sobre *SETUP RÁPIDO*, aplicado por meio do conceito *SMED* numa empresa de usinagem de grande porte fabricante de materiais não seriados, o que torna a aplicação o método um pouco mais complexo.

3 MÉTODO

A pesquisa realizada é qualitativa e se caracteriza por ser bibliográfica, exploratória e descritiva. Conforme Cervo, Bervian e Silva (2007), a pesquisa bibliográfica busca explicar um determinado problema em referências teóricas como artigos, livros, dissertações e teses. Ela pode ter o apoio teórico de pesquisas descritivas e experimentais, para conhecer e analisar as contribuições científicas sobre um determinado tema.

Neste trabalho, inicialmente estudou-se referencial teórico sobre manufatura, com ênfase no SMED, ou seja, como reduzir o tempo de Setup de peças no processo de usinagem. Em seguida, procurou-se referências mais específicas sobre a SMED, suas aplicações e como atingir o melhor resultado. Então, deu-se início a um estudo exploratório, para familiarização com o tema e descrição da realidade com a análise de uma empresa multinacional que produz equipamentos para geração de energia. Esta empresa produz equipamentos específicos para cada projeto, tendo uma área de manufatura que atende diversos projetos simultâneos. Cervo, Bervian e Silva (2007) afirmam que a pesquisa exploratória possibilita uma descrição precisa da situação em estudo e a descoberta de relações existentes entre os seus componentes. Para isso exige um planejamento flexível para abranger os mais diversos aspectos do problema (CERVO; BERVIAN; SILVA, 2007). A coleta de dados foi realizada por meio da observação participante natural e da obtenção de documentação da organização, que constituem técnicas bastante utilizadas em pesquisas qualitativas. Marconi e Lakatos (2007), assim como Gil (2009), destacam as seguintes vantagens da observação participante:

- 1 - Acesso aos dados reais da organização;
- 2 - Facilitar o acesso rápido aos dados referentes a situações habituais;
- 3 - Perceber a realidade do ponto de vista dos envolvidos com o tema.

Gil (2009) destaca que os relatos técnico-científicos constituem importante fonte de informação, pois permitem a comprovação técnica dos fatos. Os relatórios e documentos da empresa foram analisados para entendimento da dinâmica de integração entre o planejamento de projetos e de produção, por meio do uso de sistema de informação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise dos resultados

O ambiente deste estudo é uma empresa fabricante de turbinas e geradores onde seus projetos são voltados a geração de energia. Na atualidade a empresa ocupa uma boa posição na Indústria de Bens de Capital e na área de Serviços, assegurada por um Sistema de Gestão da Qualidade que envolve todos seus produtos e serviços, com o principal objetivo de atender as necessidades dos seus clientes. Ela oferece uma ampla linha de equipamentos, serviços e sistemas para a geração de energia. Sua capacidade total e exclusiva permite fornecer aos clientes o maior número possível de soluções, tecnologicamente mais econômicas e ecológicas.

Ele tem o objetivo de fornecer soluções completas, desde componentes até centrais elétricas nas modalidades *turnkey*. O setor Power não se caracteriza apenas por ser um fornecedor de produtos e de sistemas, mas como um prestador de serviço completo, ajudando clientes a maximizarem o seu potencial de geração de energia elétrica e a melhorarem as suas posições competitivas. Para isso, o futuro desenvolvimento de novos produtos e dos produtos já existentes é garantido por meio do crescente investimento em pesquisa e desenvolvimento.

Além disso, conta também com uma vasta experiência operacional, pois combina competências globais e conhecimento extensivo dos mercados locais, além de fornecer quase 20% da capacidade total mundial instalada em equipamentos de energia elétrica.

A empresa é especialista mundial nos mercados de infra-estrutura de energia e transporte. Sua atuação compreende serviços, projetos de turbinas e geradores, sistemas e equipamentos, desde sua concepção, fabricação, comissionamento, operação e manutenção até a estruturação financeira. Está presente em mais de 70 países empregando mais de 140 mil pessoas organizadas em seis setores de atuação no setor de energia e transporte.

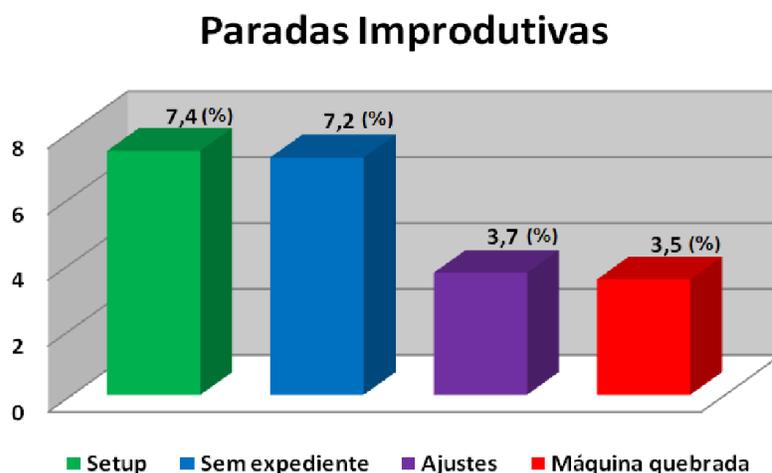
Especificamente esta pesquisa foi realizada no setor de usinagem de componentes que compõe uma turbina hidrelétrica, tratando-se de peças muito

complexa e com geometrias distintas o que contribui para que a produtividade do setor fique comprometida.

No entanto percebeu-se a necessidade de mapear o processo durante a fase de usinagem e identificar onde há maiores perdas.

Na figura 2 mostra um gráfico de pareto pode-se perceber que o maior desvio está no Setup das peças, ou seja na preparação das peças pois é onde deve-se gastar mais energia para mitigar os impactos.

Figura 2 - Gráfico das Paradas Improdutivas – Antes da Implementação



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Portanto para tratar estes desvios relacionados a setup nada mais eficaz do que a implantação da metodologia SMED, buscando reduzir o tempo de preparação das peças. O intuito do SMED é mapear todas as atividades dentro do setup e cronometrar o tempo de cada etapa, quantificar as perdas através de pareto e tratar o de maior índice. Para este estudo foi mapeado o setup de um componente de uma turbina eólica chamado de Bed Plate, conforme a figura 3.

Figura 3 - Componente Eólico – BED PLATE



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

O processo de usinagem e o tempo de cada etapa está descrito no quadro 2.

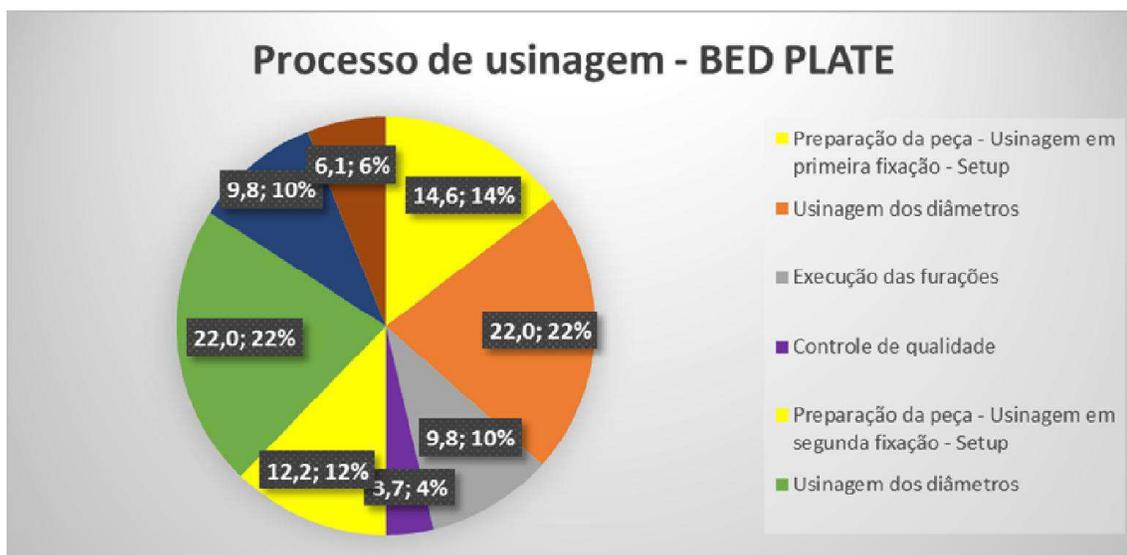
Quadro 2 - Descrição do processo de usinagem BED PLATE

Item	Operação	Duração/ Horas
1	Preparação da peça - Usinagem em primeira fixação - Setup	12
2	Usinagem dos diâmetros	18
3	Execução das furações	8
4	Controle de qualidade	3
5	Preparação da peça - Usinagem em segunda fixação - Setup	10
6	Usinagem dos diâmetros	18
7	Execução das furações	8
8	Controle de qualidade	5

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Destaca-se que a atividade de setup representa 26,8% do processo em atividades que não agregam valor ao produto e esse dado para a empresa foi muito importante para que se pudesse tomar as ações necessárias para mitigar estes impactos.

Figura 4 - Processo de usinagem – BED PLATE



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Portanto após a coleta dos dados ficou claro o desperdício excessivo de tempo com setup, o primeiro passo foi capturar imagens das atividades e movimentações do operador, com o auxílio de uma câmera posicionada em frente à máquina. As imagens foram coletadas e analisadas minuciosamente pela equipe de implementação do sistema.

Nas observações iniciais a equipe concentrou-se nos movimentos feitos pelo operador, observando atentamente o que faziam suas mãos e anotando o tempo de duração dos seus movimentos onde foi mencionado várias vezes que o operador saiu do campo de visão da tela

Foram listadas em uma planilha todas as atividades executadas durante o processo de preparação. Tais atividades foram ainda cronometradas rigorosamente, com os tempos gastos em cada item sendo também inseridos na mesma planilha.

Quadro 3 – Detalhamento das atividades do setup – 1º Fixação

Time Suporte: Usinagem					Atividade: Setup 1º Fixação	
Gerente: Osmar Almeida					Máquina: Mause A	
Coordenador: José Iondici					Componente: Bed Plate	
Engenheiro: Osmir pedroso					Data: 13/03/2017	
					Tempo Recorde de Setup	12:00:00
Operador Máquina	Operador caldeiraria	Operador de Ponte	Distância Percorrida	Nº	Atividade Resumidas	Tempo Médio
		x		1	Colocar o dispositivo na mesa	1:30:00
		x		2	Prender com grampos o dispositivo	1:00:00
		x		3	Posicionar o Bed Plate sobre dispositivo	1:00:00
x				4	Nivelar o Bed Plate no dispositivo	2:30:00
x				5	Centrar o Bed Plate sobre o dispositivo	2:30:00
x				6	Conferir linha de centragem e sobre metal	2:00:00
		x		7	Soltar acessórios de içamento	0:30:00
x				8	Conferir apertos das bridas de fixação do Bed Plate e dispositivo	1:00:00

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Quadro 4 - Detalhamento das atividades do setup – 2º Fixação

Time Suporte: Usinagem					Atividade: Setup 2º Fixação	
Gerente: Osmar Almeida					Máquina: Mause A	
Coordenador: José Iondici					Componente: Bed Plate	
Engenheiro: Osmir pedroso					Data: 13/03/2017	
					Tempo Recorde de Setup	10:00:00
Operador Máquina	Operador caldeiraria	Operador de Ponte	Distância Percorrida	Nº	Atividade Resumidas	Tempo Médio
		x		1	Soltar Bed Plate do dispositivo	1:00:00
		x		2	Realizar o giro do Bed Plate	1:00:00
x				3	Prender com grampos o dispositivo	1:30:00
		x		4	Posicionar o Bed Plate sobre dispositivo	1:00:00
x				5	Nivelar o Bed Plate no dispositivo	1:30:00
x				6	Centrar o Bed Plate sobre o dispositivo	1:30:00
		x		7	Soltar acessórios de içamento	1:00:00
x				8	Conferir apertos das bridas de fixação do Bed Plate e dispositivo	1:30:00

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

4.2 AÇÕES REALIZADAS

Baseado na coleta de informações realizadas anteriormente, foram listadas todas as atividades de forma agrupada conforme quadro de Atividades utilizada pela

equipe a fim de entender cada atividade, aplicando-se uma análise de ECRS com base nos estudos realizados acima.

Quadro 5 - Tabela de ECRS

Análise do Setup		SMED DO BED PLATE					MANDRILHADORA - MAUSA					DATA - 13/03/2017	
Descrição das atividades		Análise ECRS					Proposta de Melhoria						
Nº	Atividade	Setup	Eliminar	Combinar	Reduzir	Simplificar	Tempo Interno	Tempo Externo	Distância Percorrida	Preparador	Operador	Auxiliar	Ação
1	Colocar o dispositivo na mesa	1:30:00	x				01:00	00:30					Realizar atividade em paralelo
2	Prender com grampos o dispositivo	1:00:00		x	x			01:00					Utilizar porcas do tipo T, com trava de aperto rápido
3	Posicionar o Bed Plate sobre dispositivo	1:00:00	x					01:00					Realizar atividade em paralelo
4	Nivelar o Bed Plate no dispositivo	2:30:00	x				01:50	00:40					Realizar atividade em paralelo
5	Centrar o Bed Plate sobre o dispositivo	2:30:00	x		x		02:00	00:30					Realizar atividade em paralelo
6	Conferir linha de centragem e sobre metal	2:00:00	x		x		01:30	00:30					Criar referencias no dispositivo
7	Soltar acessórios de içamento	0:30:00	x					00:30					Realizar atividade em paralelo
8	Conferir apertos das bridas de fixação do Bed Plate e dispositivo	1:00:00	x					01:00					Realizar atividade em paralelo
9	Soltar Bed Plate do dispositivo	1:00:00	x					01:00					Realizar atividade em paralelo
10	Realizar o giro do Bed Plate	1:00:00	x					01:00					Realizar atividade em paralelo
11	Prender com grampos o dispositivo	1:30:00	x					01:30					Realizar atividade em paralelo
12	Posicionar o Bed Plate sobre dispositivo	1:00:00	x					01:00					Realizar atividade em paralelo
13	Nivelar o Bed Plate no dispositivo	1:30:00					00:40	00:50					Criar referencias no dispositivo
14	Centrar o Bed Plate sobre o dispositivo	1:30:00					00:50	00:40					Criar referencias no dispositivo
15	Soltar acessórios de içamento	1:00:00	x					01:00					Realizar atividade em paralelo
16	Conferir apertos das bridas de fixação do Bed Plate e dispositivo	1:30:00	x					01:30					Realizar atividade em paralelo

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Esta análise ECRS é feita por meio do seguinte questionamento:

ELIMINAR - Esta atividade poderia ser eliminada?

COMBINAR - Esta atividade pode ser combinada com outra?

REDUZIR - Esta atividade pode ser reduzida, para ser mais eficiente?

SIMPLIFICAR - Esta atividade pode ser simplificada?

A partir dessa análise foi possível classificar as operações de setup externo, que são aquelas atividades que poderiam ter sido executadas com a máquina ainda produzindo, como por exemplo a separação dos acessórios, e que, porém, eram realizadas como internas, ou seja, com a máquina já parada.

Realizou-se o brainstorming a fim de encontrar medidas corretivas e ideias para reduzir o número de movimentos, viradas de chaves, apertos etc, além de se buscar transformar todos os setups internos em setups externos, sempre que possível.

Com base no estudo anterior, foram também realizadas algumas melhorias visando o aperfeiçoamento das atividades de setups internos:

Para reduzir-se a distância percorrida pelo operador durante a execução do setup, realizou-se um estudo da relação custo x benefício para a criação de uma equipe auxiliar, encarregada de executar o serviço de antecipação das atividades

externas. Isto é prática comum, sobretudo, em máquinas e equipamentos de grande porte. Outras ações planejadas foram a organização das chaves de uso frequente em lugares mais próximos da máquina e a adaptação de um carrinho de acessórios básicos no local.

Para obter ganho de tempo nos apertos (peças de usinagem super-pesadas requerem vários apertos em alguns casos), foram realizadas algumas melhorias, tais como:

- Padronização das porcas, tirantes, porcas T, arruelas, desta forma será necessário a menor quantidade de variação chaves possíveis durante o setup;
- Análise de todos os acessórios (parafusos, porcas, porcas T) em relação ao seu estado de funcionamento, mantendo somente os que estiverem em bom estado;
- Utilização de parafusadeiras automáticas;

Figura 5 - Carrinho de acessórios



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

O 5S tornou-se ferramenta obrigatória em vários programas de qualidade, pois é uma ferramenta relativamente simples de aplicar e pode envolver um grande número de pessoas, o que é altamente produtivo e positivo para melhorar o local de trabalho e o ambiente entre as pessoas. De acordo com Seidel (2005), em um estudo realizado em uma empresa metal mecânica, apontou-se como principal causa dos tempos altos de setup a falta de organização com os ferramentais de setup, pois todos os ferramentais de setup estavam dispersos na fábrica, sem a devida organização, tanto no que tange à armazenagem como para análise ou reposição. Essa desorganização era responsável por cerca de 20 a 30% do tempo de setup. Nesse caso, a utilização do 5S contribuiria para a melhoria do ambiente.

Figura 6 - Armário de acessórios



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Visando a redução de tempo em relação à centragem e alinhamento da peça, foram fixados encostos na placa para manter um melhor ajuste no posicionamento do componente na máquina, também foram fabricados coluna conforme figura 7 para facilitar o apoio da peça para facilitar a fixação.

Figura 7 - Setup de Bed Plate



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Foram fabricados dispositivos de apoio para facilitar o posicionamento da peça na posição de usinagem, pois para esta esta operação é necessário uma inclinação conforme a figura 8, onde anteriormente era feita através de calços o que dificultava a padronização e acurácia dos apoios consequentemente aumentava o tempo do setup.

Figura 8 - Setup de Bed Plate



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Após o estágio de conversão de setup interno em externo, buscou-se realizar melhorias nas próprias atividades de setup, de forma que se permitisse realizá-las mais rapidamente, com um menor índice de erros, o que viabilizou um ganho significativo foi a preparação de duas peças em paralelo embasado nos conceitos de setup externo e interno estudado anteriormente. Conforme a (Figura 9), podemos perceber que na mesa da máquina estão duas peças preparadas simultaneamente, cada uma em sua posição de usinagem conforme descrito pelo processo.

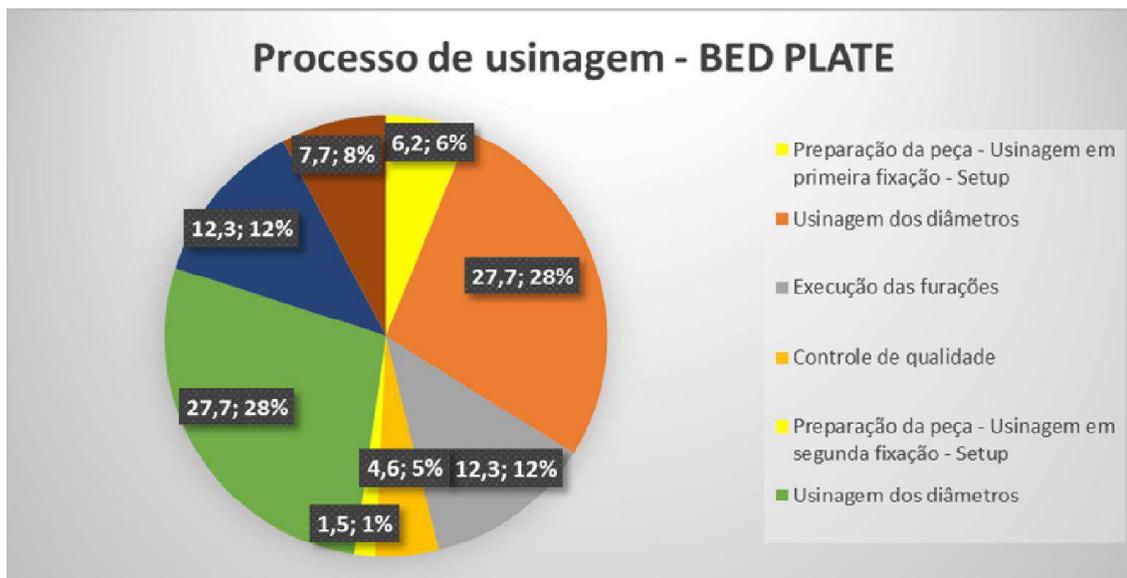
Figura 9 - Setup de Bed Plate

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Para garantir que as ações definidas e aplicadas acima possam ser sustentáveis elaborou-se junto a engenharia um Plano de Setup, documento anexo junto ao processo produtivo com as informações necessárias para aquele Setup, com instruções e ilustrações de todo o processo, assim dará maior clareza para que a equipe de auxilio inicie o processo de setup externo paralelamente. Analisaram-se todos os acessórios (parafusos, porcas, porcas T), em relação ao seu estado de funcionamento e conservação, mantendo somente os que forem necessários.

Conforme figura 11 é possível observar que após aplicadas as ações mostradas, o resultado é muito satisfatório, mas vale lembrar que são ações simples como utilização de acessórios em bom estado de conservação, a padronização das operações e a organização do local de trabalho que contribuíram para o sucesso.

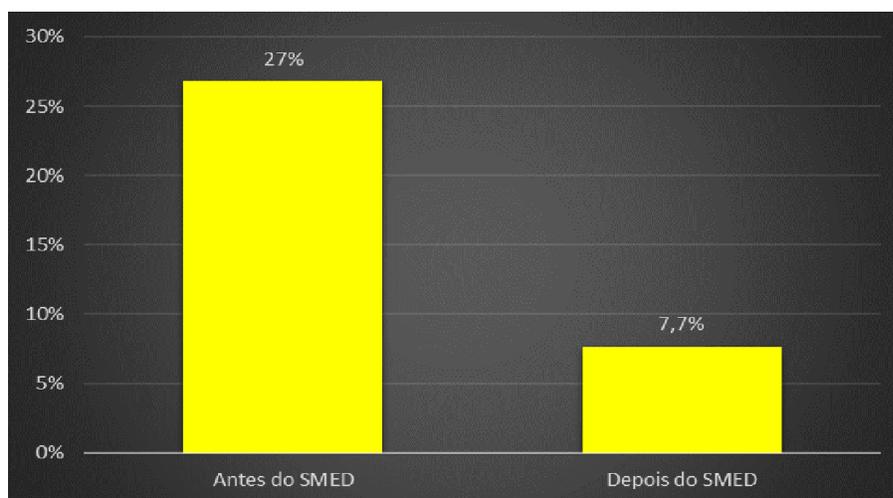
Figura 10 - Processo de usinagem – BED PLATE



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

No entanto o resultado da metodologia SMED aplicada ao processo de usinagem do BED PLATE foi satisfatório, pois conseguimos reduzir de 26,8% para 7,7% conforme mostrado na figura 11.

Figura 11 - Gráfico de resultados – BED PLATE



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Importante relatar aqui, que as ações não ficaram somente no processo do BED PLATE, e sim para todo setor de usinagem buscando oportunidades de melhoria em todas as peças. E para facilitar o trabalho foi desenvolvido um quadro de Gestão de Setup (Figura 12) identificando a programação cronológica das trocas de peças buscando padronização do método utilizando os conceitos de 5S, Gestão e Controle Visual para que tudo aquilo que é necessário para o setup interno esteja prontamente disponível quando for preciso, sem desperdício de tempo.

Figura 12 - Plano de setup

MÁQUINA	PRIORIZAÇÃO	PEÇA	DATA E HORA		QUANTIDADE DE PEÇAS A SEREM TROCADAS			PEÇA A SER TROCADA	ALTERNATIVAS DE TROCA DE PEÇAS	SETUP INTERNO	PROBLEMA PEÇA	DATA E HORA	
			D	H	2 DIAS	1 DIA	5 HORAS					D	H
TVS	GARGALO												
VERTIMASTER	GARGALO												
SHIMADU	GARGALO												
DOMING	GARGALO												
PAMA													
FAB													
SCHIED													
SUOP													

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

E ainda para aperfeiçoamento das operações de setup interno, foram aplicadas medidas simples em todo o setor, mas que resultaram em ganhos expressivos, quais sejam: Padronização das porcas, tirantes, porcas T, arruelas, mesas de apoio e prolongadores de placa, diminuindo consideravelmente a variedade de acessórios e chaves utilizadas nas operações de aperto e fixação das peças, dando mais agilidade nas preparações, assim como a utilização de parafusadeiras automáticas.

Então o resultado do estudo de caso seguiu-se com a aplicação do método SMED em todo setor de produção, o que potencializou ainda mais os resultados obtidos durante o trabalho, trazendo ganhos de âmbito comportamentais como:

- Melhor utilização dos recursos disponíveis;

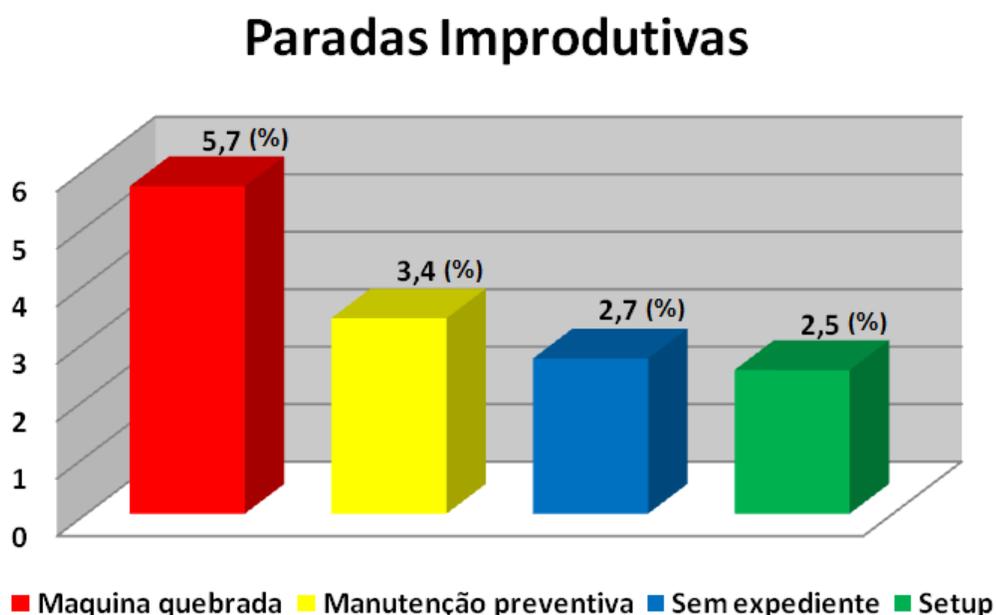
- Nivelamento da produção;
- Aumento do nível de conhecimento das pessoas;
- Nivelamento de conhecimento e experiência das pessoas na execução do serviço.

No âmbito de metas:

- Aumento da disponibilidade da máquina;
- Controle dos processos;
- Redução do consumo de materiais;
- Redução do desperdício;
- Padronização de componentes;
- Padronização das ferramentas e acessórios.

Na figura 13 abaixo é possível demonstrar que o Setup passou a ser o quarto item do pareto, que deve ser tratado aplicando o critério de urgências, representando hoje cerca de 2,5% das paradas improdutivas das máquinas, sendo que conforme mencionado antes neste estudo era de 7,4%.

Figura 13 - Gráfico das Paradas Improdutivas – Depois da Implementação



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

5 CONCLUSÃO

Desta forma conclui-se que a metodologia SMED é eficaz uma vez que seguida corretamente as etapas pré-estabelecidas para a preparação da peça na máquina, garantindo assim o menor tempo de setup. No entanto reduzindo o tempo das atividades que não agregam valor ao produto viabiliza o controle do custo para a fabricação do componente, buscando a garantia da qualidade e entrega no prazo mantendo a empresa competitiva no mercado. Por isso a importância de planejar as atividades antes de serem executadas durante o setup, preparar antes os acessórios, dispositivos, instrumentos de medição e controle que serão utilizados ou até mesmo ainda preparar um setup externo sempre que se for viável.

REFERÊNCIAS

ANDERE, G.: **Implantação de técnicas de redução do tempo de Setup e de Sustentabilidade das melhorias obtidas**. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 2012.

GUIMARÃES, J.L.S., BORGES, J.M.: **Kanban na Indústria de Roupas: avaliação das características de uma aplicação**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XVII ENEGEP, Gramado, RS, 1997.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.: **Técnicas de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1990.

OHNO, T. O.: **Sistema Toyota de produção: Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre: Artes medicas, (1997).

PEREIRA M.A.; **Estudo multicaso de pratica de implementação do método SMED**. São Carlos, 2010, Ed.2.p.17.

REYNOLDS, KANTON T.: **Cellular Manufacturing & the Concept of Total Quality**. Department of Industrial Engineering, North Carolina A & T State University, Greensboro, North Carolina, 1998.

SHINGO, S.: **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta**-ed. Bookman, 2008.

STEFANELLI, P.: **Tomada de Decisão em um Ambiente com aplicação dos conceitos de Produção Enxuta**. São Carlos, São Paulo: USP. (2007).