

LEANDRO TEIXEIRA TRANCHEZZI

REDUÇÃO DO TEMPO DE SETUP DE MÁQUINAS DE USINAGEM EM UMA
INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Msc. Marco Aurélio Reis dos Santos

Guaratinguetá
2011

T772r	Tranchezzi, Leandro Teixeira Redução do tempo de setup de máquinas de usinagem em uma indústria automobilística / Leandro Teixeira Tranchezzi. - Guaratinguetá: [s.n.], 2011 54 f.: il. Bibliografia: f. 50-54 Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011 Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Reis dos Santos 1. Produtividade 2. Ergonomia I. Título CDU 65.011.4
-------	---

REDUÇÃO DO TEMPO DE SETUP DE MÁQUINAS DE USINAGEM EM UMA
INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

LEANDRO TEIXEIRA TRANCHEZZI

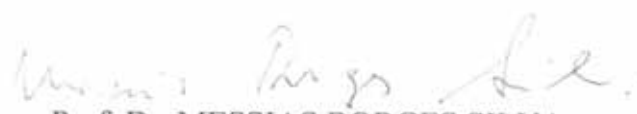
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE DO
REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE **GRADUADO EM**
ENGENHARIA MECÂNICA

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. Mauro Hugo Mathias
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Msc. MARCO AURÉLIO REIS DOS SANTOS
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. MESSIAS BORGES SILVA
UNESP-FEG


Prof. Msc RICARDO BATISTA PENTEADO
UNESP-FEG

DEDICATÓRIA

de modo especial, à minha mãe Mary e ao meu pai Alexandre
que me inspiraram a me tornar uma pessoa de caráter
e comprometida com minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família pelo imenso apoio que me deram ao longo de meus anos de graduação, em especial a meus pais, *Mary e Alexandre*, que foram minhas referências de pessoas íntegras e vencedoras,

Aos meus irmãos, *Henrique e Isadora*, que me propiciaram aprendizados importantes ao longo de minha vida,

A meus avós *Carmen, Sérgio e Maria Dolores*, por sempre se disporem a me ajudar nos momentos de maior dificuldade,

A todos os amigos de Taubaté, os quais conheço desde o colegial, que sempre se mostraram muito leais, e com quem tive momentos de muita alegria,

Ao meu orientador, *Prof. Msc Marco Aurélio Reis dos Santos* por todo o apoio que me deu ao longo desse ano, para que eu realizasse esse trabalho,

Aos amigos da faculdade, com quem compartilhei alguns momentos de dificuldade, mas incontáveis momentos de alegria,

À *Republica Apocalypse*, e todos os moradores, pelo imenso aprendizado dos últimos cinco anos, nos quais obtive crescimento pessoal significativo, que levarei pelo resto de minha vida.

“Você nunca sabe a força que tem,
até que sua alternativa é ser forte.”

Autor Desconhecido

TRANCHEZZI, L. T. **Redução do tempo de setup de máquinas de usinagem em uma indústria automobilística**. 2011. 54 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

RESUMO

A melhoria contínua dos processos das indústrias é uma forma de tornar as empresas mais competitivas no mercado. Para isso, uma forma bastante difundida é utilizar a metodologia proposta nos sistemas de produção enxuta, através da eliminação de desperdícios. Uma das ferramentas desses sistemas é o método de troca rápida de ferramentas ou também chamado de SMED, que será aplicado neste estudo. O trabalho tem como objetivo elaborar propostas de redução do tempo de setup de duas máquinas em duas linhas de usinagem, observando também as condições de ergonomia e segurança nas mesmas. A redução tempo de setup se justifica entre outros casos, devido ao aumento da produtividade da máquina. Na aplicação na linha de usinagem da biela, havia dois tipos de troca. As reduções de tempo de setup propostas alcançaram valores de 47% para uma delas e 55% para a outra. É importante destacar que para chegar nesse resultados, não houve necessidade de grandes investimentos. Na aplicação na linha de usinagem do bloco, acompanhou-se uma melhoria ergonômica na área. Foi instalada uma talha de reação que veio a agregar tempo na troca. Buscando que se melhore a segurança da troca, sem perda de produtividade, aplicou-se o método para reduzir esse tempo. Elaborou-se duas propostas: a primeira reduziria esse tempo em 19%, e não iria requerer muitos recursos da empresa. Já a segunda envolve a paralelização da troca, de modo que a redução é de 48%. Porém, esta proposta exige uma mão de obra a mais no momento da troca e isso nem sempre é possível.

PALAVRAS CHAVE: SMED. Setup de máquinas. Produtividade. Ergonomia.

ABSTRACT

Continuous improvement of industrial processes is one way to become companies more competitive in the market. For this, a fairly widespread use is the methodology of lean production systems, by eliminating waste. One of the tools of these systems is the method of rapid exchange of die or also called SMED, which will be applied in this study. The study aims to develop proposals for reducing the time of set up of two machines in two machining lines, watching also the ergonomics and safety conditions in this operations. The set up time reduction is justified among others, due to increase the machine productivity. In applying the connecting rod machining line, there were two types of exchange. Reductions in time to set up proposals reached values of 47% to one of them, and 55% to the other. It is important to underline that to reach this result, there was no need for large investments. In the application in block machining line, was developed an improvement in the ergonomic area. It was placed a pulley block that came to increase the time of tool change. Aiming to improve the security of the exchange, without productivity loss, the method was applied to reduce this time. It was developed two proposals.: the first would reduce that time by 19%, and does not require many resources of the company. The second involves the parallelization of the exchange, so that the reduction is 48%. However, this proposal requires one more manpower at the time of exchange and it is not always possible.

KEYWORDS: SMED. Machine set up. Productivity. Ergonomics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Classificação da Pesquisa Científica.....	15
Figura 2	- Impacto do número de lotes de fabricação.....	18
Figura 3	- Ganhos obtidos com a aplicação do método.....	22
Figura 4	- Fluxograma das etapas do método SMED.....	23
Figura 5	- Gráfico de Capacidade da Biela referente ao mês de Maio de 2011...	29
Figura 6	- Gráfico de Capacidade da Biela referente ao mês de Junho de 2011..	30
Figura 7	- Gráfico de Capacidade da Biela referente ao mês de Julho de 2011...	30
Figura 8	- Gráfico de Capacidade da Biela referente ao mês de Agosto de 2011.	31
Figura 9	- Detalhamento das partes da biela usinadas na máquina.....	32
Figura 10	- Ferramenta que realiza a usinagem do diâmetro do girabrequim.....	33
Figura 11	- Parafuso e chave de fenda utilizada para troca das pastilhas que usinam o diâmetro do girabrequim.....	33
Figura 12	- Ferramenta que realiza a usinagem do diâmetro do pino do pistão.....	34
Figura 13	- Parafuso e chave de fenda utilizada para pastilhas que usinam o diâmetro do pino do pistão.....	34
Figura 14	- Fluxograma das operações realizadas nas trocas de ferramenta da máquina da biela.	35
Figura 15	- Tempos de cada operação realizada na troca da ferramenta 1.....	36
Figura 16	- Tempos de cada operação realizada na troca da ferramenta 2.....	37
Figura 17	- Barras reservas prontas para o uso e próximas da bancada.....	37
Figura 18	- Fresa utilizada na máquina que realiza a usinagem do bloco.....	40
Figura 19	- Condição da máquina na linha de usinagem do bloco.....	40
Figura 20	- Dispositivo desenvolvido para se acoplar na fresa.....	41
Figura 21	- Parafuso do dispositivo “T” e roscas de fresa.....	41
Figura 22	- Gancho e talha de reação.....	42
Figura 23	- Exemplo de carrinho que poderia ser fornecido para reduzir tempo de caminhada do operador.....	45
Figura 24	<i>Layout</i> da linha do bloco mostrando situações atual e proposta.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Margem de lucro na Importação de carros no Brasil.....	12
Tabela 2	- Tempos de cada operação para cada tipo de troca de ferramenta.....	35
Tabela 3	- Proposta de troca com uso de barras reservas.....	38
Tabela 4	- Proposta entre os tempos antes e após a melhoria ergonômica.....	42
Tabela 5	- Tempo que uma fresa leva para ser trocada, sem considerar a melhoria ergonômica.....	43
Tabela 6	- Operações e tempos que envolvem a troca de uma fresa considerando a melhoria ergonômica.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANFAVEA	–	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
CIPA	–	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
SMED	–	<i>Single Minute Exchanges of Dies</i>
SPE	–	Sistema de Produção Enxuta
TRF	–	Troca Rápida de Ferramentas

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Contextualização do problema.....	12
1.2 Objetivos.....	13
1.2.1 Objetivos Gerais.....	13
1.2.2 Objetivos Específicos.....	14
1.3 Justificativas.....	14
1.4 Método de Pesquisa.....	15
1.5 Estrutura do trabalho.....	16
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1 Sistema de produção enxuta.....	17
2.2 SMED.....	19
2.3 Ergonomia.....	24
2.3.1 Conceitos básicos.....	24
2.3.2 Benefícios da ergonomia.....	26
3 APLICAÇÃO.....	27
3.1 Apresentação da empresa.....	27
3.2 Apresentação do problema.....	27
3.3 Linha Usinagem da Biela.....	27
3.3.1 Escolha da máquina.....	27
3.3.2 Apresentação da troca de ferramentas.....	32
3.3.3 Resultados.....	34
3.3.4 Proposta.....	37
3.4 Linha Usinagem do bloco.....	39
3.4.1 Condição da troca.....	39
3.4.2 Melhoria Proposta.....	41
3.4.3 Tempo agregado pela melhoria.....	42
3.4.4 Propostas.....	45
4 CONCLUSÃO.....	48
4.1 Verificação dos objetivos.....	48
4.2 Sugestões para trabalhos futuros.....	48
REFERÊNCIAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do Problema

O mercado automobilístico nacional é o sexto produtor de veículos do planeta, e atrai cada vez mais montadoras. Esse mercado se destaca principalmente por 2 razões: mercado lucrativo, porém com custos de produção mais elevados que seus concorrentes emergentes.

Segundo Kutney (2011), realizou-se um estudo a pedido da Anfavea (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores) que mostra que os custos de produção de veículos aqui são até 60% mais altos que os na China.

O mercado automobilístico brasileiro tem grande importância estratégica para as empresas que aqui atuam. Isso porque trata-se de um dos mercados mais lucrativos do mundo, em que as empresas conseguem atingir margens de lucro relativamente altas.

A Tabela 1 mostra a conversão do preço do carro importado em um preço de nacionalização, que inclui todos os encargos das empresas, e na terceira coluna mostra o preço de venda. A partir desses dois valores, é calculada a margem de lucro na quarta coluna.

Tabela 1: Margem de lucro na Importação de carros no Brasil

MODELO	ORIGEM	PREÇO DE NACIONALIZAÇÃO	PREÇO FINAL	MARGEM
Chery Face	China	R\$ 17800	R\$ 33000	85%
Chery QQ	China	R\$ 12400	R\$ 23000	86%
Ford New Fiesta	México	R\$ 27000	R\$ 51400	90%
JAQ J3 Turin	China	R\$ 19300	R\$ 51400	106%

Fonte: (KUTNEY, 2011)

Como se pode observar na Tabela 1, para os modelos de carros avaliados, as margens de lucro encontram-se bastante elevadas, o que serve de argumento para que o mercado brasileiro atraia tanto o interesse de diversas montadoras de todo o mundo.

De acordo com Cangue, Godefroid e Silva, a competição no setor automobilístico é bastante acirrada, de forma que as empresas precisam mudar constantemente para se manter competitivas no mercado.

Para Silva (2001), um mercado automobilístico sempre apresentou grandes mudanças e exigências econômicas, fazendo com que as indústrias deste setor se transformassem para acompanhar as necessidades do mercado.

Conforme Sales (2000), para que as sobrevivam nesse ambiente de competição, devem procurar uma vantagem competitiva sustentável e defensável. Esta pode ser alcançada através de uma vantagem em produtividade, em valor, ou combinação de ambas.

Tendo em vista este cenário, torna-se interessante a busca por processos cada vez mais eficientes por parte das empresas automobilísticas por meio da eliminação de desperdícios. Existe uma metodologia específica para isso, chamada de produção enxuta, que possui uma série de ferramentas que auxiliam as empresas a eliminar desperdícios. Uma dessas ferramentas é o método SMED.

Esse método busca reduzir o tempo de setup de máquinas, e pode ser aplicado em diversos setores industriais, tais como: autopeças, eletrodomésticos, máquinas-ferramenta, equipamentos de construção civil e automobilístico. Essa ferramenta pode trazer ganhos para a empresa como: flexibilidade no tamanho de lotes, redução de estoques no meio do processo e aumento da produtividade.

Dessa forma, este trabalho aborda aplicação do método SMED em linhas de usinagem em uma indústria automobilística. Para a situação de estudo, os ganhos estão mais relacionados com o aumento da produtividade da máquina, de forma que o ganho de tempo com a aplicação do método poderá ser utilizado para a atividade normal da máquina, isto é, produzir.

Para Porter (1993), o conceito mais adequado para competitividade é a produtividade. A elevação na participação de mercado irá depender da capacidade das empresas em atingir níveis competitivos de produtividade e aumentá-lo com o tempo.

Dessa forma, este trabalho busca trazer sugestões para tornar a empresa mais competitiva no mercado automobilístico.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos Gerais

Este trabalho tem como objetivo elaborar propostas para reduzir o tempo de setup de duas máquinas em duas linhas de usinagem em uma indústria automobilística. A ideia é converter parte do tempo utilizado para troca de ferramentas, em tempo produtivo da máquina, de forma a elevar sua produtividade e com isso tornar a empresa mais competitiva.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Observar oportunidades de melhoria em relação a ergonomia e a segurança em relação a esses postos de trabalho.
- Aumentar o índice de satisfação dos trabalhadores através da melhoria de suas condições de trabalho.

1.3 Justificativas

A realização deste trabalho se justifica pois visa o aumento da produtividade das máquinas de linhas de usinagem. Esse aumento pode se refletir numa redução de estoques intermediários, o que melhoraria o gerenciamento visual da fábrica. Os estoques intermediários são dimensionados com base na produtividade da máquina, de forma que se essa for elevada, é possível que se consiga reduzir a quantidade de peças no meio do processo.

Outro ganho que ocorre devido ao aumento da produtividade é a possibilidade de isso se refletir em um aumento de competitividade para a empresa.

De acordo com Porter (1993), o conceito mais adequado para competitividade é a produtividade. A elevação na participação de mercado depende da capacidade das empresas em atingir altos níveis de produtividade e aumentá-la com o tempo.

De acordo com Benites e Valério (2004), dentro desse ambiente de competição acirrada, é fundamental que a empresa defina estratégias que garantam lucratividade suficiente para atuar de maneira consistente no mercado. Para tanto, ela deve adotar de uma série de procedimentos que possuam o poder de conferir capacidade produtiva às atividades desenvolvidas pela empresa.

De acordo com o estudo da cadeia de valores proposta por Porter (1989), a vantagem competitiva se origina a partir de atividades básicas, primárias e de apoio, praticadas pela empresa. Assim, a vantagem competitiva decorre de atividades realizadas na produção, operações, logística, serviços, gestão de competências, infra-estrutura, tecnologia e compras.

Segundo Contador (1998), é possível evitar acidentes e doenças ligadas ao trabalho, através da diminuição das fontes de fadiga nas atividades realizadas pelos funcionários da empresa.

Segundo Proença e Matos (1996), para que se obtenha um ambiente produtivo de trabalho, deve-se atingir harmonia entre todas as partes envolvidas: trabalhador, equipamentos

e locais adequados para realização de tarefas. A integração desses fatores determina não só um melhor desempenho das atividades, bem como uma melhor utilização dos recursos disponíveis.

O trabalho também terá atenção voltada para as condições de ergonomia e segurança, buscando amenizar condições ruins, que poderiam provocar lesões prejuízos para o operador da máquina. Ao tornar o trabalho menos extenuante, espera-se que desempenho do operador aumente.

1.4 Método de Pesquisa

Este trabalho classifica-se como uma pesquisa de natureza aplicada, com objetivo descritivo, abordando o problema de forma qualitativa, pelo método de pesquisa ação. A Figura 1 mostra essa toda classificação:

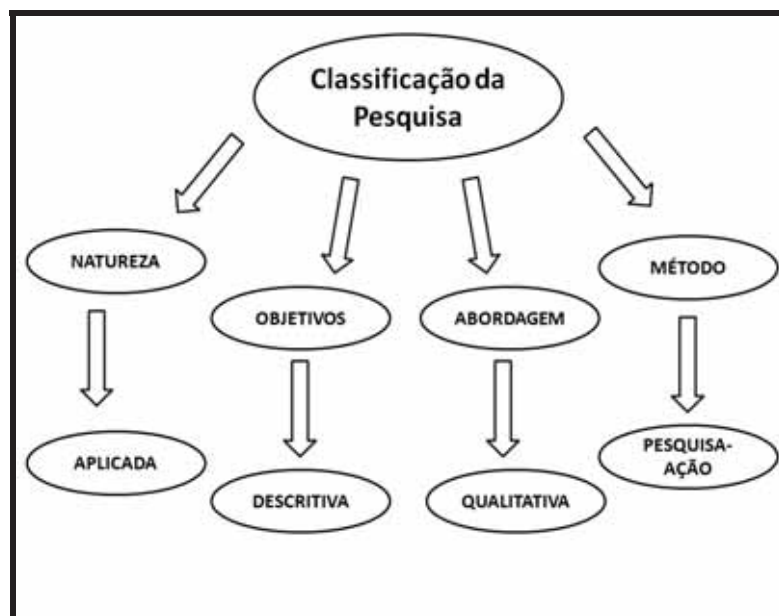


Figura 1: Classificação da Pesquisa Científica.
Fonte: Mello (2007).

A pesquisa aplicada caracteriza-se por seu interesse prático, isto é, que os resultados sejam aplicados na solução de problemas reais.

Segundo Appolinário (2006), a pesquisa básica se foca no incremento do conhecimento científico, sem objetivos comerciais, enquanto que a pesquisa aplicada é motivada por objetivos comerciais desenvolvendo novos processos ou produtos que o mercado necessita.

De acordo com Miguel, Morabito e Pureza (2010), a pesquisa descritiva visa descrever as características de determinada população, de forma a estabelecer relações entre variáveis.

Envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta dados como: questionário e observação sistemática da situação.

Segundo Miguel, Morabito e Pureza (2010), a pesquisa qualitativa considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo inseparável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa, de forma que este tipo de pesquisa não requer o uso de técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem.

Em relação à pesquisa-ação, Miguel, Morabito e Pureza (2010) afirma que deve-se utilizá-la quando a pesquisa for concebida e realizada em estreita associação com uma ação. Os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

1.5 Estrutura do trabalho

O trabalho é mostrado em 4 capítulos, contando com este introdutório. No segundo capítulo é feita uma revisão dos principais conceitos a serem considerados para o entendimento do estudo. No terceiro capítulo são explicadas as situações atuais e propostas, juntamente com os possíveis ganhos, caso as propostas sejam implementadas. No último capítulo é feita a conclusão sobre este trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Sistema de produção Enxuta

De acordo Rentes et al. (2005), os Sistemas de Produção Enxuta (SPE) são uma das principais abordagens para a redução de desperdícios nos sistemas produtivos.

Segundo Womack e Jones (2004), desperdícios são definidos como qualquer atividade humana que utiliza recursos, mas não agrega valor ao produto na visão do cliente.

De acordo com Womack e Jones (1998), os SPE classificam desperdícios 7 tipos:

1) Superprodução: produzir excessivamente ou cedo demais, o que produz inventário excessivo.

2) Espera: longos períodos de ociosidade de pessoas e peças, o que impede um fluxo contínuo de materiais, resultando em longos lead times.

3) Transporte excessivo: deslocamento excessivo de pessoas ou materiais, resultando em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia.

4) Processamentos inadequados: procedimentos desnecessários e complexos, que não agregam valor ao cliente e que podem ser realizados de forma mais simples e efetiva.

5) Inventário desnecessário: armazenamento excessivo de produtos, os quais resultam em custos excessivo.

6) Movimentação desnecessária: movimentos inadequados, não produtivos e desnecessários de pessoas, resultando em baixo desempenho dos aspectos ergonômicos e menor produtividade da mão de obra.

7) Produtos defeituosos: caso o defeito saia da fábrica, pode gerar perda da confiança do cliente e da credibilidade da empresa, caso o defeito fique na fábrica, deverá ser retrabalhado, o que não aconteceria se o produto tivesse sido fabricado corretamente da primeira vez.

Segundo Womack e Jones (1998), a busca constante e incessante pela redução e eliminação desses desperdícios é a base dos sistemas de produção enxuta.

O SPE tem como objetivo transformar a produção num fluxo contínuo de peças, em que as atividades executadas agreguem valor ao produto. Dessa forma, espera-se obter como resultado:

- Stocks mínimos, apenas o necessário para compensar o situações tempo em trânsito entre postos de trabalho e tempo em trânsito proveniente dos fornecedores externos.
- Ciclos de produção (*leadtimes*) curtos.

- Resposta rápida a alterações de encomendas de clientes e modificações recomendadas pela engenharia de produto.

- Excelente qualidade dos produtos.

Comparando o sistema de produção enxuta com tradicional, de produção em massa, sabe-se que este direcionava poucos esforços à redução de setup de máquina, isto é não havia nenhum trabalho direcionado para reduzir os custos relacionados a essa operação. Como o tempo de preparação é uma necessidade dentro do processo onde se produz diversos produtos, ele sempre foi visto como uma tarefa que tem que ser feita, inevitável no processo.

Segundo Pozo (2007), esse custo era tratado como fixo, de forma que para se garantir custos totais baixos, o lote era dimensionado para diluir a despesa associada ao setup de máquinas. Dessa forma, o tempo associado ao setup era diluído, mas os lotes tornavam-se muito grandes, gerando problemas com inventários no processo e longos *lead-times*.

De acordo com Assis (1999), quando deve-se produzir um único lote de grande dimensão, as conseqüências não são tão graves pois a incidência do tempo de setup é diluído e o ritmo de produção não é tão prejudicado. Porém, quando as encomendas são diversificadas e de menor dimensão, o impacto do tempo de setup é grande.

Isso pode ser ilustrado na Figura 2:

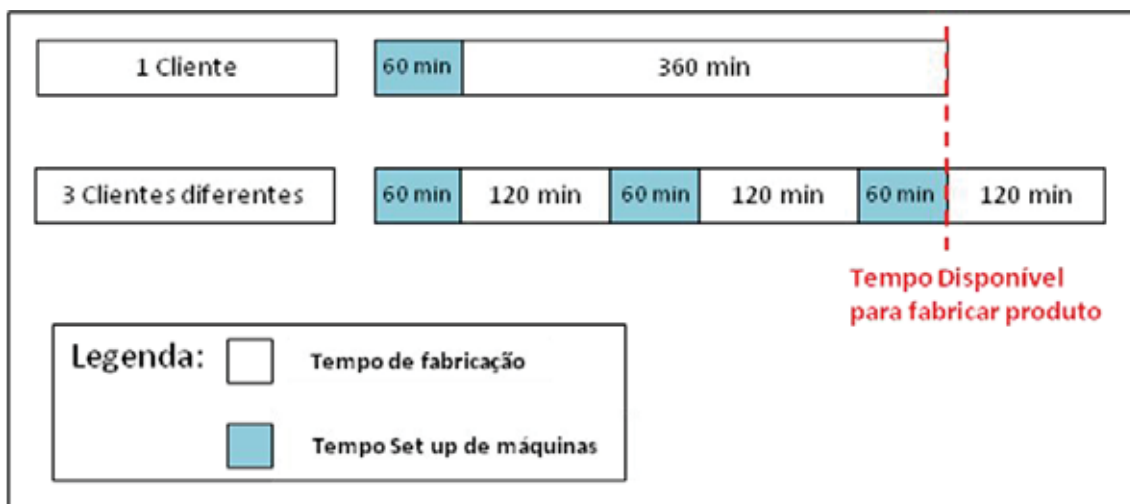


Figura 2: Impacto do número lotes no tempo de fabricação.

Fonte: Treinamento Empresa.

Segundo Assis (1999), nessa situação de encomendas diversificadas, a resposta tradicional consistia em produzir com antecedência estoques, com base de previsões imprecisas. Isto é, a resposta tradicional era gerar um dos desperdícios já citados.

De acordo com Assis (1999), diferentemente de sistemas de produção antigos, que consideravam o tempo de setup como constante, no sistema de produção enxuta, o tempo de setup é gerido como uma ‘variável’. A redução progressiva dos tempos de setup se torna um objetivo da gestão de produção.

Nos últimos anos, ocorreram diversas transformações no processo da indústria, para mudar a sua mentalidade, de forma a tornar seu pensamento mais enxuto, fazendo com que ocorram novos procedimentos no jeito de administrar um sistema produtivo. E uma delas é o método troca rápida de ferramentas e dispositivos nas máquinas, com o objetivo de reduzir e simplificar o tempo de setup, provocando a eliminação de refugos, retrabalho, esperas e ainda a redução de tempo de inspeção.

Segundo Pozo (2007), quando o tempo do setup se aproxima de um dígito de minuto ou próximo a zero os lotes de fabricação podem, também, a tender para a unidade. Com isso reduz-se os desperdícios como rejeição de conformidade, retrabalho e os tempos de esperas.

Segundo Satolo e Calarge (2008), a diminuição dos tempos de setup de equipamentos é considerada por diversas empresas um passo importante no aumento da eficiência do sistema produtivo e, conseqüentemente, no ganho de competitividade das mesmas.

2.2 SMED

O Método de Troca Rápida de Ferramenta (TRF) foi desenvolvido por Shingeo Shingo em experiências e análises teóricas e praticas ao longo de 19 anos de trabalho. Este método foi desenvolvido através de seu trabalho na planta da Mazda da Toyo Kogyo em 1950, onde surgiram os primeiros esforços em separar os tempos de preparação em internos e externos.

A partir de então, segundo Shingo (2000) a aplicação estendeu-se por outras empresas do Japão, como a Mitsubishi, até chegar na Toyota Motor Company, em 1969. Shingo percebeu que o Sistema TRF extrapolava uma simples técnica e passou a ser vista como uma nova forma de pensar a produção, expandindo-se para outros setores da indústria japonesa e depois para o mundo.

Em suas primeiras análises sobre o SPE, Pereira (2006) afirma que apontava que o sistema de Shingo tratava-se não só de um conceito inovador, mas também um método muito prático, com potencial de se difundir em diversos setores industriais em todo o mundo.

De acordo com estudo de Satolo e Calarge (2008), é possível se obter resultados bastante satisfatórios em empresas de segmentos industriais diversos, tais como: Autopeças,

eletrodomésticos (geladeiras e freezers), máquinas-ferramenta, equipamentos de construção civil e automobilístico.

Segundo Antunes (1998), a TRF ou SMED (*Single minute Exchange of die* – Troca de ferramenta em tempo inferior a 10 minutos) é tida como uma das principais ferramentas do Pensamento Enxuto.

Shingo (1996) afirma a TRF é a mais efetiva ferramenta para implementação da produção *Just-in-Time* (Produção Enxuta).

Para Benites e Valério, é importante destacar que a busca pela competitividade é limitada pelo poder financeiro das empresas. Estas podem enfrentar dificuldades em investir em sua capacidade produtiva e comercial. A possibilidade de adequação aos padrões de concorrência está conectada à reestruturação das bases tecnológicas, através de inovações generalizadas nas várias atividades geradoras de valor.

Este trabalho se propõe a buscar inovações nas trocas de ferramenta de máquinas de usinagem, sem perder o foco nos custos dessas inovações, de forma a garantir o aumento da produtividade das máquinas sem que isso se torne dispendioso para a empresa.

Segundo Pozo (2007), um time focado na redução no tempo de preparação de máquina, consegue obter resultados significativos, de forma a obter reduções de até 80 % do seu tempo, praticamente sem investimentos.

O método pode fornecer ganhos nos setes desperdícios já citados:

1) Superprodução

Troca mais rápida significa menor necessidade de produzir mais ou mais rápidos. Racks menores e menor espaço no chão da fábrica serão requeridos.

2) Espera

Reduzir ou eliminar espera para a próxima operação e as operações envolvidas na operação atual.

3) Transporte excessivo

Como é produzida apenas a quantidade que se precisa, não há transporte excessivo de materiais.

4) Processamentos inadequados

Reduzir a complexidade na troca, menores escolhas, maior confiança nas calibrações (conexões, gages) do que na intuição.

5) Inventário desnecessário

Reduzir inventário significa menor necessidade de espaço no chão de fábrica, reduzindo manipulação. Menor desordem que resulta em uma produção mais fácil e segura. O foco pode ser na produção e não em maneiras organizadas para armazenamento.

6) Movimentação desnecessária

Padronizando métodos de setup de ferramentas reduzirá movimentos e tempo para procurar as ferramentas certas ou especiais.

7) Produtos defeituosos

Lotes menores, menos inventário significa menos peças defeituosas.

Segundo Satolo e Calarge (2004), setup pode ser definido como tarefas necessárias e relativas às atividades de preparação de um equipamento, desde o momento em que se tenha completado a última peça boa do lote anterior até o momento em que se tenha feito a primeira peça boa do lote posterior.

Dessa forma, de acordo com Bertoloti (2000), pode-se definir como tempo total de setup o período que se inicia ao final da produção da última peça boa do lote anterior até o início da produção da primeira peça boa do lote posterior.

Considerando a realidade de uma indústria de usinagem, o setup será toda a ação realizada para trocar uma ferramenta cuja vida acabou até colocar a máquina em funcionamento. Logo, o tempo de setup é o tempo associado a essa ação. A troca rápida de ferramenta (TRF) tem por objetivo reduzir o tempo de setup, ou seja, o tempo em que a máquina fica parada para a troca de um ferramental.

Segundo Bertoloti (2000), a TRF é um método que auxilia na mudança rápida de uma linha de produção possibilitando, respostas rápidas diante das necessidades do mercado. Apresenta grande vantagem quando aplicada para viabilizar a produção de lotes pequenos de fabricação, permitindo reduzir os estoques intermediários e seus respectivos custos. O método resulta em uma redução dos custos totais de fabricação, através da diminuição dos tempos improdutivos, que não agregam valor ao produto.

A redução do tempo de setup é condição necessária para diminuir o custo unitário de preparação. Para Bertoloti (2000), essa diminuição é importante por alguns motivos. O primeiro deles é que caso o tempo de setup seja elevado, lotes tendem a ser grandes e a gerar estoques, de forma a elevar o custo consequente da operação de setup. O segundo motivo é a diminuição da possibilidade de erros devido à simplificação das trocas. O terceiro motivo é o aumento da produtividade da máquina, de forma que o custo unitário de setup é diluído.

Segundo o Lean Institute Brasil, o setup rápido possibilita: aumentar capacidade produtiva das máquinas, o nivelamento da produção e aumentar a flexibilidade de produção.

Esse método pode ser utilizado para qualquer processo, sendo originária da troca de um ferramental para estampagem de metais.

Produzir em lotes menores é interessante para a fábrica pois permite reduzir simultaneamente os prazos de entrega (*lead times*) e o volume dos stocks em curso de fabricação. A Figura 3 ilustra os ganhos obtidos com o método:

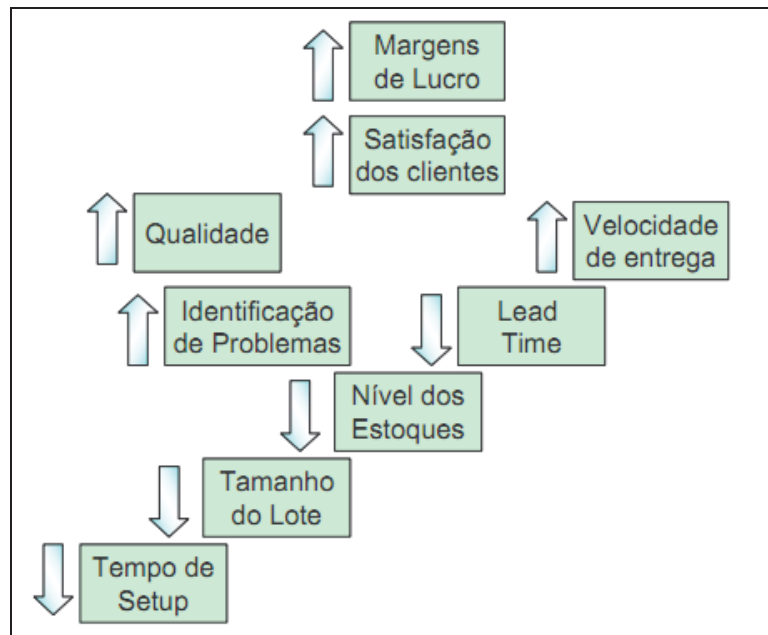


Figura 3: Ganhos obtidos com a aplicação do método.

Fonte: Mardegan (2006).

Conforme Figura 3, com menores tempos de setup, há possibilidade de redução no tamanho do lote, o que tem por consequência menor nível de estoques. Este, possibilita maior identificação dos problemas na produção e *lead times* mais curtos. Com isso, se tem condição de produzir mais rápido e com maior qualidade, o que torna o cliente satisfeito e agrega valor ao produto, de forma que a margem de lucro também é maior.

A Figura 4 que mostra as etapas do método de troca rápida de ferramentas:

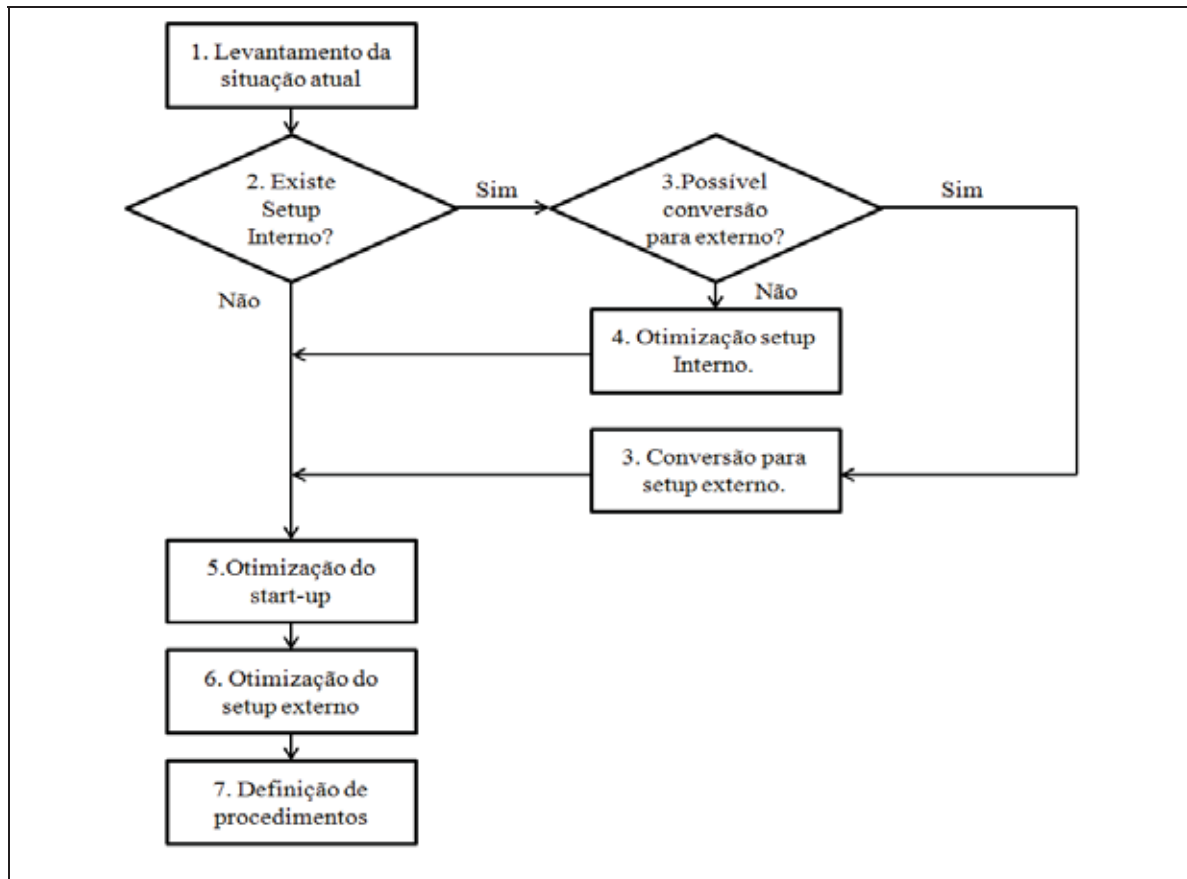


Figura 4: Fluxograma das etapas do método SMED.

Fonte: (BERTOLOTI, 2000)

Para um melhor entendimento do fluxograma, segue um detalhamento de cada etapa do método:

1. Caracterização da situação atual: Observação detalhada das operações realizadas na troca de ferramenta, fazer um vídeo da troca, estudar os tempos, pesquisar com os operadores;
2. Identificação de setup interno e externo: São separados as atividades executadas com a máquina parada (interna ou setup interno) das atividades executadas longe da máquina com a mesma em funcionamento (externas ou setup externo).
3. Migração para setup externo: Etapa de transformação de atividades internas para externas;
4. Otimização de setup interno: Aumentar a eficiência das atividades internas restantes. De acordo com Pozo (2007), nessa etapa pode-se: a executar de operações paralelas sem parar a máquina, a eliminar de ajustes através de dispositivos, e colocar em prática a metodologia de análise.

5. Otimização de início de operação: Aperfeiçoar o processo de colocação da máquina em operação com o intuito de reduzir o tempo de início de produção (start-up);
6. Otimização de setup externo: Reduzir tempo das atividades externas;
7. Definição de procedimentos: Padronização da sequência de operações a se realizar para que o tempo de setup seja mínimo.

2.3 Ergonomia

A aplicação do método SMED envolve a observação minuciosa das trocas de ferramenta com o objetivo de eliminar desperdícios associados a elas. Entretanto não será dada atenção apenas para isso, pretende-se também avaliar condições ergonômicas dessas trocas e propor alternativas que possam melhorar sua condição.

2.3.1 Conceitos Básicos

De acordo com Iida (2005), ergonomia é o estudo de como o homem se adapta ao trabalho. O trabalho tem uma aceção bastante ampla, abrangendo não só ferramentas usadas no dia-a-dia mas também mas também toda a situação em que ocorre o relacionamento entre homem e seu trabalho, envolvendo portanto não só o ambiente físico, mas também os aspectos organizacionais de como esse trabalho é programado e controlado para garantir bons resultados..

Uma outra forma de definir ergonomia, de acordo com esse mesmo autor, na mesma obra é: ergonomia é o estudo do relacionamento entre o homem e seu trabalho, equipamento e ambiente, e fazendo essa análise em relação aos dos conceitos de anatomia, fisiologia e psicologia para solução dos problemas surgidos dessa relação.

De acordo com Iida (2005), a ergonomia envolve diversos aspectos para avaliar a relação entre o homem e seu trabalho, entre as quais cita-se:

- Homem: características físicas, fisiológicas, psicológicas e sociais do trabalhador; influência sexo, idade, treinamento e motivação.
- Máquina: Entende-se por máquina todas as ajudas materiais que o homem utiliza em seu trabalho, englobando os equipamentos, ferramentas, mobiliário e instalações.
- Ambiente: estuda as características do ambiente físico que envolve o homem durante o trabalho, como: temperatura, ruídos, vibrações, luz, cores, gases e outros.

- Informação: refere-se às comunicações existentes entre os elementos de um sistema, a transmissão de informações, o processamento e a tomada de decisões.

- Organização: é a conjugação dos elementos acima citados no sistema produtivo, estudando aspectos como horários, turnos de trabalho e formação de equipes.

- Consequências do trabalho: aqui são consideradas questões como tarefas de inspeções, estudos dos erros e acidentes, além dos estudos sobre gastos energéticos, fadiga e “stress”.

Na análise aqui proposta, haverá atenção especial para a máquina e as consequências do trabalho. Isso se justifica devido ao contexto em que o trabalho está inserido, isto é, a análise da troca de ferramentas em linhas de usinagem envolverá relação próxima com máquinas e ferramentas associados à atividade. Isso terá como objetivo que as consequências do trabalho para a pessoa sejam as menores possíveis.

A biomecânica ocupacional estuda as relações entre o trabalho e o homem sob o ponto de vista dos movimentos músculo-esqueléticos envolvidos e suas consequências. Analisa portanto, as posturas corporais no trabalho e a aplicação de forças.

Para avaliar essas questões, é necessário entender a origem do movimento dos músculos, isto é, o que acontece em nosso corpo quando nos movimentamos. No interior dos músculos, existem vasos sanguíneos muito finos, chamados de capilares. É através deles que o sangue transporta oxigênio e leva o subprodutos do metabolismo.

Segundo Iida (2005), com a contração dos músculos, há um aumento da pressão interna, o que estrangula os capilares. Por consequência, o sangue circula com mais dificuldade. Caso seja atingido de 15 a 20% da contração máxima, a circulação não é afetada. Um músculo sem circulação sanguínea se fatiga rapidamente, e se a contração for prolongada, pode gerar lesões. Porém, quando o movimento de contração é alternado com seu relaxamento, o músculo funciona como uma bomba sanguínea, ativando a circulação nos capilares.

O esforço realizado em uma determinada atividade pode ser classificado em trabalho estático e trabalho dinâmico.

De acordo com Iida (2005), trabalho estático é aquele que exige contração continua de do mesmo grupo de músculos, para manter uma determinada posição. Isso ocorre, por exemplo, com os músculos das pernas para manter a posição de pé. Já o trabalho dinâmico é aquele que permite contrações e relaxamentos alternados dos músculos, como ocorre com os músculos realizando o movimento de caminhar.

Para Kandel (1991), a postura pode ser definida como a posição e a orientação espacial globais de seus membros e do corpo relativamente uns aos outros.

Segundo Amadio (1996), uma postura adequada é fundamental para a realização bem sucedida das operações, uma vez que os movimentos surgem a partir da desestabilização da posição dos segmentos corporais e do equilíbrio quase estático do corpo.

Qualquer desvio na forma da coluna vertebral, pode gerar solicitações funcionais prejudiciais.

Para Guélaud et al. (1975) posturas desfavoráveis ocasionam um aumento de fadiga no trabalhador e levam a lesões graves ao longo do tempo.

2.3.2 Benefícios da ergonomia

Segundo Oliver (1999), uma boa postura é a posição global que os membros da pessoa assumem que utilizam a menor quantidade de esforço muscular e, ao mesmo tempo, protegem as estruturas de suporte contra traumas.

De acordo com Proença et al. (1996), desenvolvimento de um trabalho eficiente depende diretamente de um conjunto harmonioso composto pelo trabalhador, ferramentas e locais organizados para realização das atividades. Estes fatores em conjunto, irão proporcionar um melhor desempenho das operações, bem como, uma utilização otimizada dos recursos da empresa.

De acordo com o especialista em saúde ambiental e segurança ocupacional da Clínica Mayo de Flórida, Gaylord Bridegan, ergonomista profissional certificado, estudos de custo-benefício chegaram à conclusão de que investir em ergonomia melhora todos os aspectos do trabalho dentro de uma empresa.

Segundo Zvirtes e Amaral (2001), uma forma coerente para se explicitar os benefícios de um estudo para melhorar a ergonomia é quando se considera a existência de um desempenho mais eficiente, incluindo: produtividade, qualidade, melhorando os tempos de operação, rapidez de manutenção, evidenciando também a qualidade de vida no trabalho, com mais trabalhadores satisfeitos e ainda com redução de erros humanos e incidentes operacionais.

Dentro desse contexto, o estudo da ergonomia se justifica, pois busca maior conforto para que os trabalhadores realizem suas atividades. Isso pode se refletir em menos ausências, melhor rendimento do trabalhador, e menor risco de acidentes e de lesões ligados ao trabalho.

3 APLICAÇÃO

3.1 Apresentação da empresa

A empresa automobilística, objeto de estudo deste trabalho, se localiza em São José dos Campos, no estado de São Paulo. Ela atua no Brasil há mais de 80 anos, e possui outros 2 complexos industriais que produzem veículos: Gravataí, no Rio Grande do Sul, e São Caetano do Sul, em São Paulo. Apresenta ainda no estado de São Paulo uma fábrica de componentes estampados em Mogi das Cruzes, um centro distribuidor de peças em Sorocaba e um campo de provas em Indaiatuba.

O complexo de São José dos Campos conta ainda com duas fábricas de motores e transmissões, uma fábrica de componentes plásticos, uma estamparia, e duas plantas de montagem de carros. Este trabalho foi desenvolvido em uma das fábricas de motores e transmissões, em duas linhas de usinagem de componentes do motor.

3.2 Apresentação do problema

O trabalho consistiu em aplicar o método de troca rápida de ferramentas em duas linhas de usinagem. O objetivo foi reduzir os tempos de máquina parada devido troca de ferramentas. Dessa forma, foi possível desenvolver propostas para aumentar a produtividade da máquina.

A primeira máquina pertence a linha de usinagem da biela do motor e a segunda pertence a linha de usinagem do bloco.

3.3 Linha Usinagem da Biela

3.3.1 Escolha da máquina

A escolha dessa máquina nessa área foi com base em uma ferramenta existente na fábrica. A ferramenta é um gráfico de capacidade, desenvolvido pela engenharia industrial para todas as máquinas, de todas as linhas de usinagem. Esse gráfico se baseia em um documento presente em todos os postos de trabalho, chamado controle de quantidade. Este

contém informações como a quantidade de peças usinadas na máquina por hora, todas as paradas de máquina que ocorreram naquele dia, com os respectivos tempos e motivos de parada.

A interrupção que faz a máquina parar de produzir pode ser classificada em 6 tipos: faltam peças devido a parada de máquinas atrás ou linha bloqueada devido a parada de máquinas a frente (CF+CE), falhas resolvidas pela manutenção (DM), falhas resolvidas pela produção (DP), trocas de ferramenta (E+G+I), paradas programadas (F+A+B) e Outros tipos(H).

Existe ainda expresso no gráfico, na cor amarela, uma perda de produção associada ao rendimento do processo abaixo do teórico, isto é, devido a ferramentas que não atendem a qualidade, ou a parâmetros de usinagem mal especificados ou desregulados, ou a máquina com funcionamento ruim, ou ao fluido refrigerante com qualidade abaixo do necessário, o processo não produz a quantidade que foi projetado para produzir.

Com base no tempo de interrupção e na classificação do tipo de falha é feito o gráfico de capacidade, que converte esses dados de tempo em quantidade de peças por hora que poderiam ser usinadas pela máquina. A equação 1, mostra como fazer essa conversão:

$$GP = B * (A / C) \quad (1)$$

GP: Quantidade de peças por hora associada ao tempo de máquina parada.

A: Tempo total em horas de um determinado tipo de parada em todo o mês.

B: Quantidade de peças que a máquina tem condição de produzir em uma hora.

C: Total de horas no mês.

Dessa forma, o gráfico representa a quantidade média de peças associada a cada tipo de classificação, dentro do período de produção de uma hora. Cada cor no gráfico representa um tipo de parada, e a cor verde mostra as peças efetivamente produzidas. A linha azul dos gráficos representa a meta de produção considerando 100% de produtividade. Entretanto devido a condições específicas da fábrica como paradas não programadas para manutenção, é assumido como meta real de produção a linha vermelha, que admite uma produtividade de 75%. O Quadro 1 relaciona a cor do gráfico com o tipo de parada:

Quadro 1: Relação entre os tipos de parada com as cores do gráfico de capacidade.

Tipo de parada	Cor
Faltam peças ou linha bloqueada devido a parada de máquinas a frente (CF+CE)	Azul
Paradas por manutenção (DM)	Branco
Falhas resolvidas pela produção (DP)	Cinza
Trocas de ferramenta (E+G+I)	Vermelho
Paradas Programadas (F+A+B)	Laranja
Variação entre produção teórica e real.	Amarelo
Outros tipos(H)	Rosa

Nas Figuras 5, 6, 7, 8 estão expressos os gráficos de capacidade, desenvolvidos pelo departamento de Engenharia Industrial da empresa, referentes aos meses de Maio, Junho, Julho e Agosto de 2011.

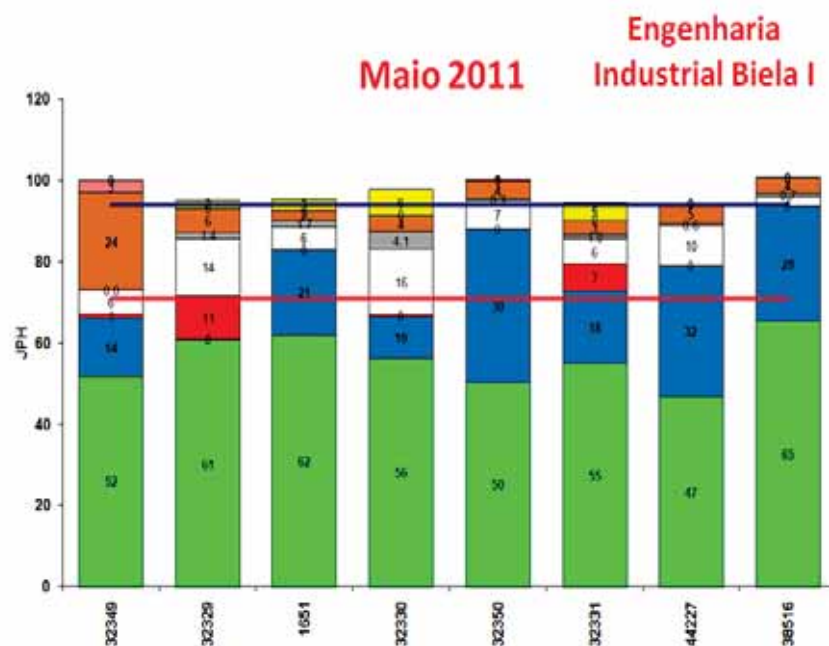


Figura 5: Gráfico de Capacidade da Biela referente ao mês de Maio de 2011.

Fonte: Departamento Engenharia Industrial da Empresa.

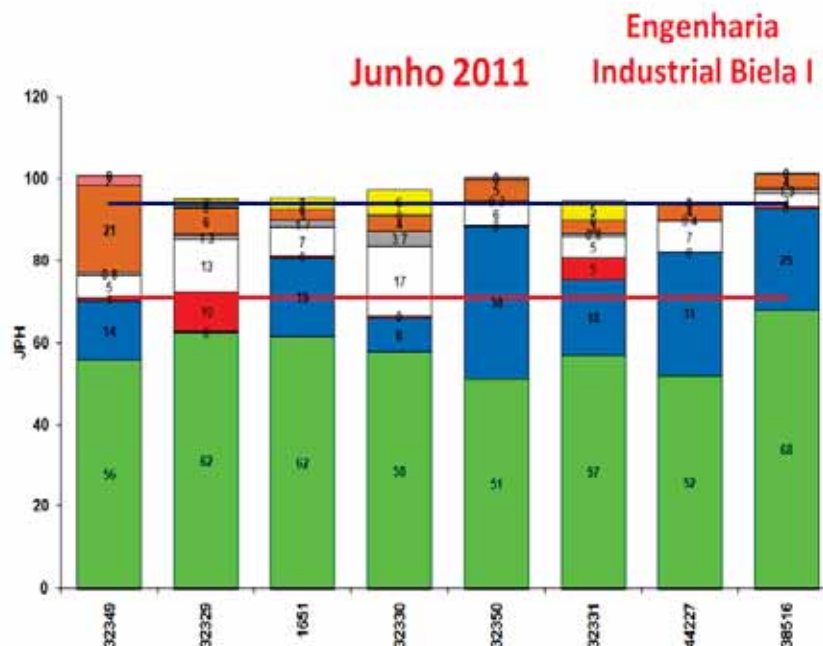


Figura 6: Gráfico de Capacidade da Biela referente ao mês de Junho de 2011.

Fonte: Departamento Engenharia Industrial da Empresa.

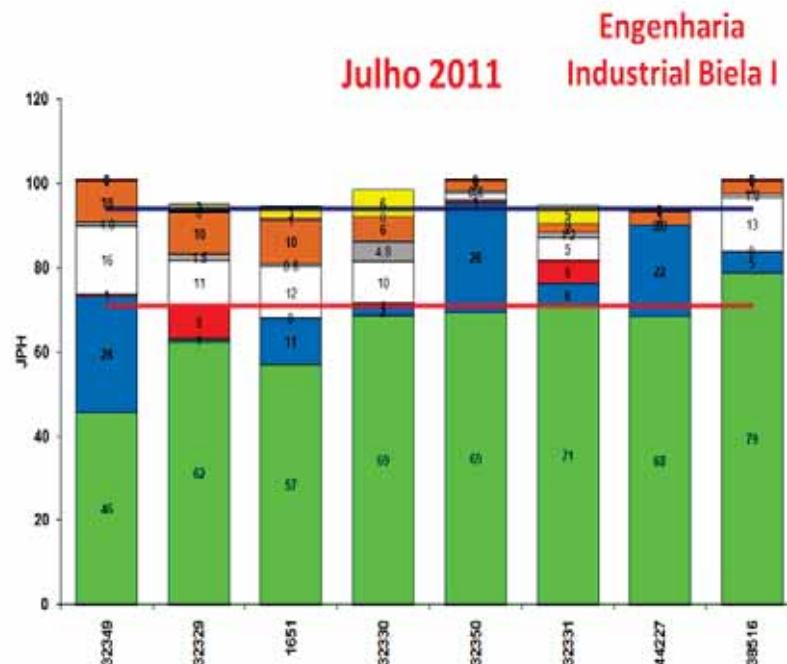


Figura 7: Gráfico de Capacidade da Biela referente ao mês de Julho de 2011.

Fonte: Departamento Engenharia Industrial da Empresa.

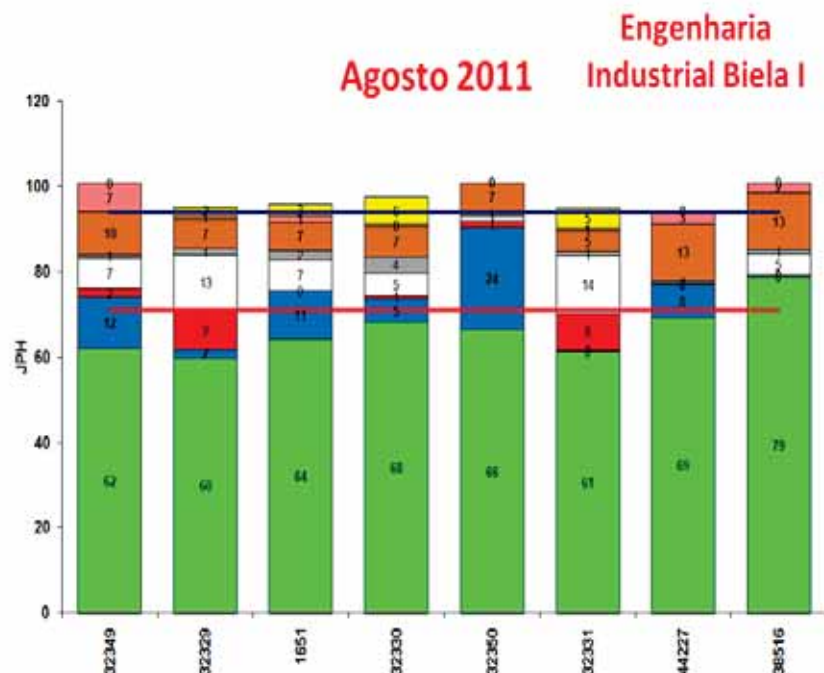


Figura 8: Gráfico de Capacidade da Biela referente ao mês de Agosto de 2011.

Fonte: Departamento Engenharia Industrial da Empresa.

No caso desses gráficos de capacidade, a restrição teórica pode ser identificada a partir da máquina com menor capacidade máxima, isto é, a máquina que possui a menor barra, somando-se todas as cores. Por exemplo, em qualquer desses gráficos se observa que a máquina 44227 é a restrição teórica desse processo com a capacidade de 94 peças por hora.

Entretanto, analisando esses mesmos gráficos com foco nas barras verdes, que significam a quantidade de peças por hora que efetivamente foi usinada, percebe-se que na prática não há uma máquina restrição fixa. O que ocorre é que em cada mês há uma máquina que tem a barra verde menor, e que portanto é a máquina que é na prática a restrição do processo. Por exemplo, seguindo esse raciocínio, no mês de Agosto, Figura 8, observa-se que a máquina 32329 que foi restrição. Já no mês Julho, Figura 7, observa-se que a máquina 32349 foi a restrição.

Essa variação na restrição se explica pois notadamente a barra branca, que significa paradas por manutenção, apresenta variabilidade relativamente grande. Isso quer dizer que dependendo do mês podem haver mais paradas por manutenção do que em outros. A partir disso, pode-se intuir que o sistema de manutenção vigente é de caráter predominantemente corretivo.

Saber quanto cada máquina irá produzir é bastante difícil, pois não se sabe com certeza quanto tempo cada máquina irá ficar parada devido a necessidade de manutenção. Essas

paradas por manutenção podem também gerar paradas do tipo faltam peças ou linha bloqueada (CE+CF) em outras máquinas a frente ou atrás na linha.

Posto isso, e levando-se em conta que quase todas as máquinas podem, em um determinado período, ser restrições, o critério escolhido para se determinar a máquina em que se aplicaria o método de troca rápida de ferramenta foi escolher aquela que apresentasse maior oportunidade de melhoria em paradas devido a troca de ferramentas. Para isso, analisou-se as barras vermelhas em cada máquina, e buscou-se encontrar se esse padrão de oportunidade de melhoria se repetia nos meses em subseqüentes.

Dessa análise, decidiu-se que a máquina com maior oportunidade de melhoria era a máquina 32329.

3.3.2 Apresentação da troca de ferramentas

A máquina escolhida realiza o processo inicial de usinagem da biela. Ela possui dois tipos ferramentas de usinagem, sendo que uma realiza o desbaste do diâmetro do pino do pistão e a outra a usinagem do diâmetro do girabrequim. Para facilitar o entendimento, uma biela é mostrada na Figura 9:



Figura 9: Detalhamento das partes da biela usinadas na máquina.

Fonte: BELEM OLX. Acesso em: 26.out.2011.

A ferramenta que realiza o processo de desbaste do diâmetro do girabrequim é composta de duas partes: barras de ferramenta e pastilhas. São três barras de ferramenta, que prendem as pastilhas e são acopladas na máquina realizando o movimento de rotação. Em cada barra há três pastilhas de usinagem, que tem a função de retirar material metálico da biela. As duas partes estão expressas na Figura 10:

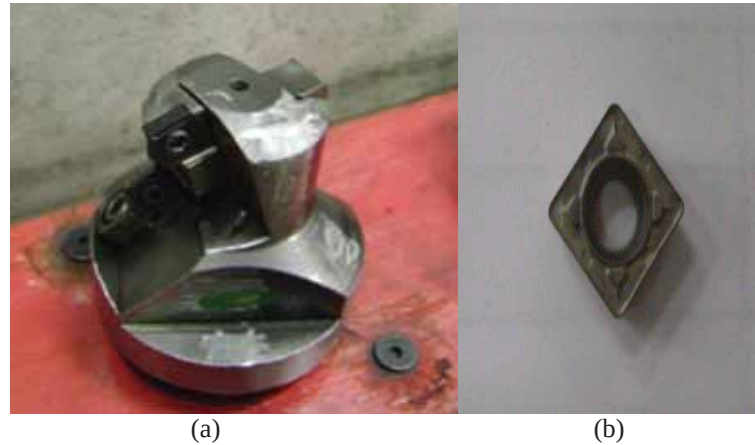


Figura 10: Ferramenta que realiza a usinagem do diâmetro do girabrequim. (a) Barra que fica presa na máquina. (b) Pastilha de usinagem que realiza a essa operação de usinagem.

As barras são fixadas na máquina através de um parafuso Allen, e as pastilhas são fixadas na barra através de um parafuso. Na Figura 11, está o parafuso usado para prender a pastilha na barra e a chave de fenda utilizada para soltá-lo da mesma, quando se deseja realizar a troca de ferramenta.

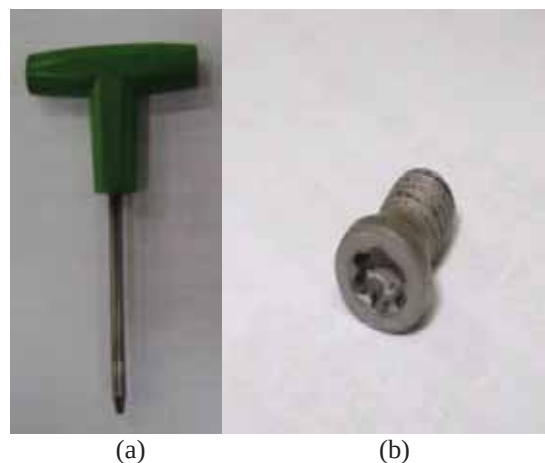


Figura 11: Parafuso e chave de fenda utilizada para troca das pastilhas que usinam o diâmetro do girabrequim. (a) Chave de fenda utilizada para soltar parafuso. (b) Parafuso utilizado para fixar a pastilha na barra.

A ferramenta que realiza o processo de desbaste do diâmetro do pino do pistão é também composta das duas partes já citadas acima: barra de ferramenta e pastilhas. A diferença é ela possui apenas duas pastilhas de usinagem. As duas partes estão expressas na Figura 12:



Figura 12: Ferramenta que realiza a usinagem do diâmetro do pino do pistão. (a) Barra que fica presa na máquina. (b) Pastilha de usinagem que realiza a essa operação de usinagem.

Da mesma forma que a ferramenta do diâmetro do girabrequim, as barras que usinam o diâmetro do pino do pistão são fixadas na máquina através de um parafuso Allen, e as pastilhas são fixadas na barra através de um parafuso. Na Figura 13, está um parafuso semelhante ao usado para prender a pastilha na barra e a chave de fenda utilizada para soltá-lo da mesma, quando se deseja realizar a troca de ferramenta.

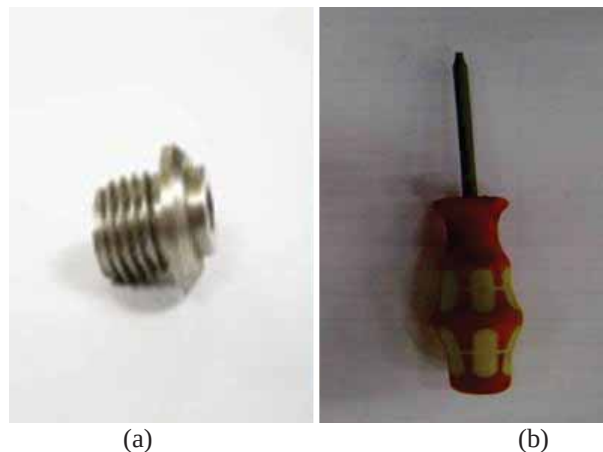


Figura 13: Parafuso semelhante ao utilizado e chave de fenda utilizada para troca das pastilhas que usinam o diâmetro do pino do pistão. (a) Parafuso semelhante ao utilizado para fixar a pastilha na barra. Fonte: ALIBABA. Acesso: 26.out.2011. (b) Chave de fenda utilizada para soltar parafuso.

3.3.3 Resultados

A troca da ferramenta que usina o diâmetro do girabrequim será chamada de Troca 1. Da mesma forma, a troca da ferramenta que usina o diâmetro do pino do pistão será chamada

de Troca 2. Realizou-se filmagens dessas trocas, observou-se a realização das operações, com os seus respectivos tempos, expressos na Tabela 2:

Tabela 2: Tempos de cada operação para cada tipo de troca de ferramenta.

Operação	Tempo da Troca 1 (segundos)	Tempo da Troca 2 (segundos)
1. Parar máquina	40	40
2. Movimentação Operador	60	40
3. Soltar três barras da máquina	80	140
4. Limpeza das barras com pistola ar comprimido	50	30
5. Trocar pastilhas das barras	300	280
6. Fixar barras na máquina	85	95
7. Religar máquina	20	35
Total	665	660

A Tabela 2 apresenta as operações na ordem em que elas acontecem, com exceção da operação 2, movimentação do operador, que está totalmente concentrada em uma única operação. Deve-se ressaltar que essas trocas acontecem em todos os turnos, sendo normalmente feitas juntas e a fábrica trabalha em três turnos por dia. A figura 14 contém um fluxograma das operações realizadas na troca:

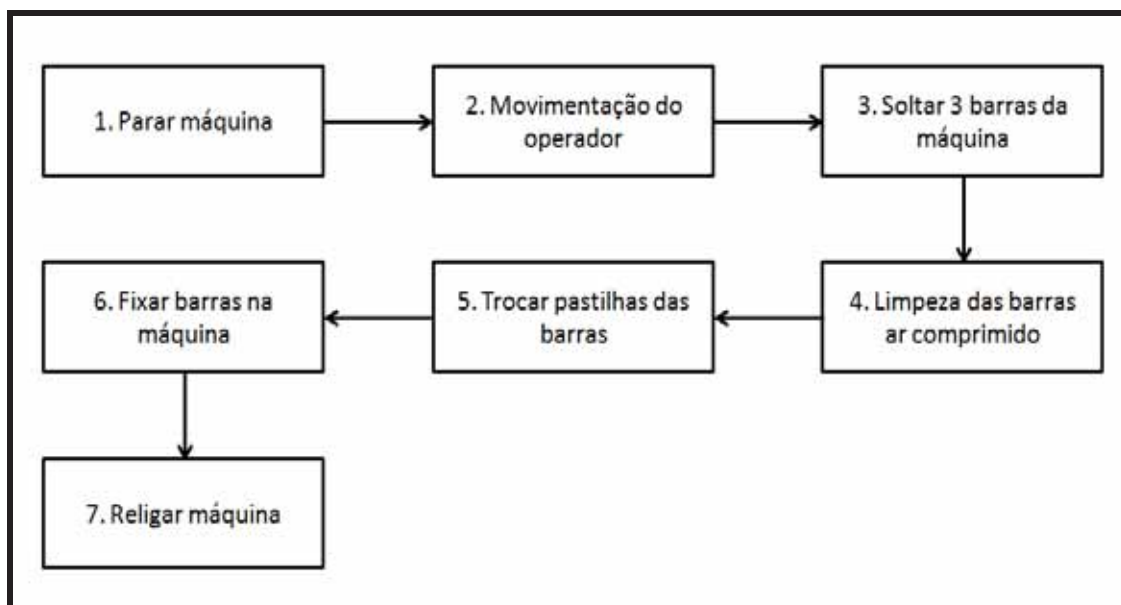


Figura 14: Fluxograma das operações realizadas nas trocas de ferramenta da máquina da biela.

Para melhor entendimento do que é feito em cada operação, segue um detalhamento do que envolve cada uma delas:

1) Parar máquina: São apertados botões no painel da máquina, de forma que ela termine seu ciclo, as ferramentas sejam recuadas, e seja possível que se realize a troca.

2) Movimentação do operador: Envolve todo o tempo que o operador se movimenta, mas está concentrado em uma única operação. Envolve trajetos da máquina para a bancada onde ele realiza as operações posteriores. Esse trajeto é de aproximadamente 5 metros.

3) Soltar três barras da máquina: Os parafusos Allen que fixam as barras na máquina são soltos e as barras são removidas da máquina.

4) Limpeza das barras com pistola de ar comprimido: As três barras são limpas com uso de uma pistola de ar comprimido localizada ao lado da bancada. O objetivo dessa limpeza é retirar fluido refrigerante e cavacos presentes na ferramenta.

5) Trocar pastilhas da barras: Em cada uma das três barras, os parafusos que fixam as pastilhas de usinagem são soltos através do uso das chaves de fenda já detalhadas nas Figuras 11 e 13. As pastilhas são limpas e é verificado se é possível aproveitar algum dos seus lados, se for possível elas são recolocadas, senão são usadas pastilhas novas. Em seguida deve-se fixá-las novamente nas barras.

6) Fixar as barras na máquina: Deve-se então fixar as três barras na máquina usando-se o parafuso Allen.

7) Religar Máquina: Envolve apertar botões no painel da máquina para que ele retorne ao seu funcionamento normal.

A partir dos dados da Tabela 2, traçou-se gráficos para melhor visualizar as operações que levam mais tempo. Esses gráficos estão expressos nas Figuras 15 e 16:

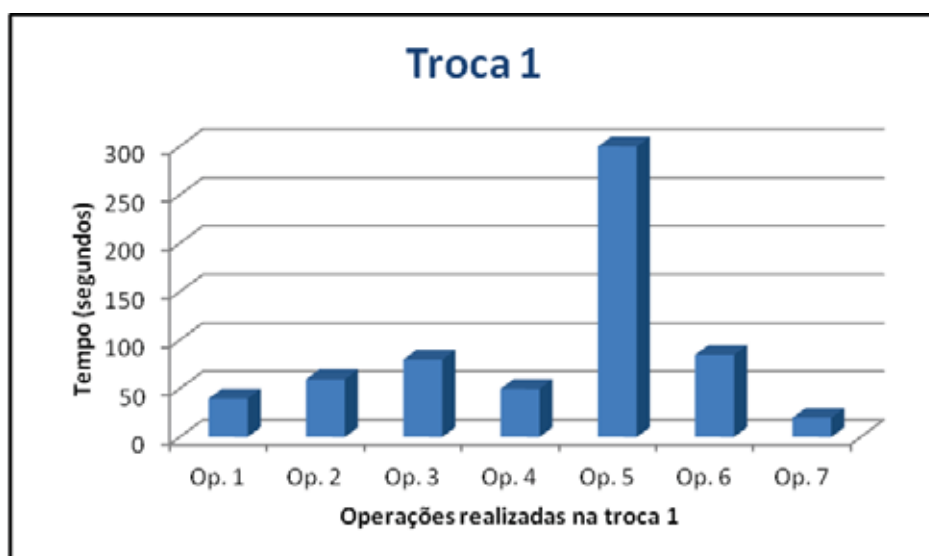


Figura 15: Tempos de cada operação realizada na troca de ferramenta 1.

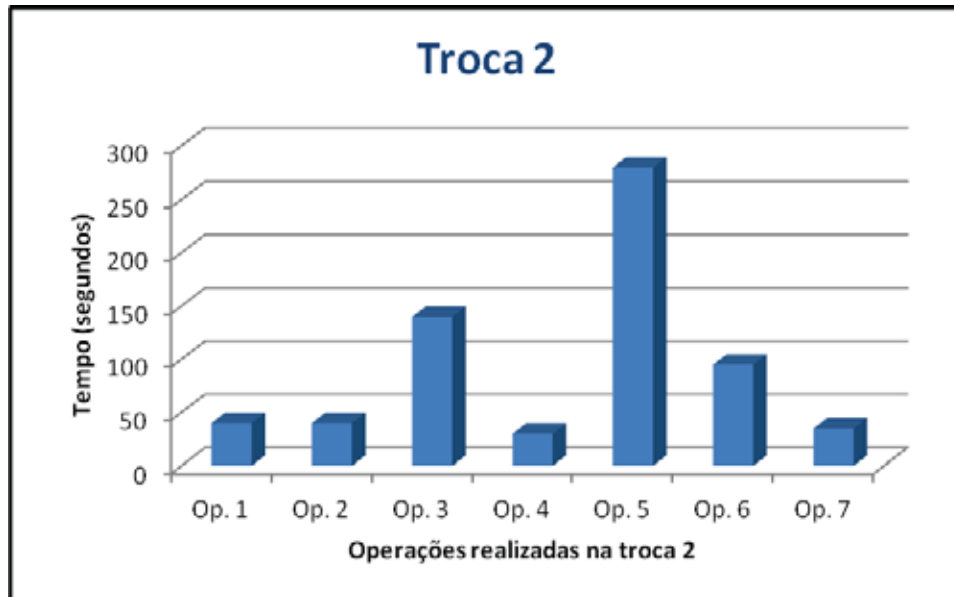


Figura 16: Tempos de cada operação realizada na troca de ferramenta 2.

A partir dos gráficos é possível se observar que, tanto para a troca 1, como para a troca 2, a operação 5 é a mais significativa. Por isso as propostas para redução das trocas devem, se possível, atuar de forma a reduzir esse tempo, pois é a operação que apresenta maior oportunidade de melhoria.

3.3.4 Proposta

Para reduzir o tempo dessas trocas, identificou-se que haveria um ganho considerável de tempo através do desenvolvimento de barras reservas. Essas barras ficariam ao lado da bancada, e já estariam preparadas com as pastilhas em bom estado, conforme Figura 17 a seguir:



Figura 17: Barras reserva prontas para uso e próximas da bancada.

Com essa medida, seria possível atuar não só na operação 5 que é a mais demorada, mas também seria possível atuar na operação 4, em que ocorre a limpeza com a pistola de ar comprimido. A operação 5 é eliminada pois as barras reservas já estariam prontas para uso, de forma que a troca das pastilhas das barras poderia ser feita num momento posterior, com a máquina já em funcionamento. Isto é, essa operação deixaria de ser uma atividade interna e passaria a ser uma atividade externa.

Isso irá ocorrer da mesma forma para a operação 4, pois as barras reservas já estariam limpas, de forma que a limpeza das barras que estavam na máquina poderia ser realizada posteriormente.

Dessa forma, com a ideia proposta sendo implementada, pode-se intuir que as operações internas da máquina ficariam reduzidas às operações expressa na Tabela 3:

Tabela 3: Proposta de troca com uso de barras reservas.

Operação	Tempo da Troca 1 (segundos)	Tempo da Troca 2 (segundos)
1. Parar máquina	40	40
2. Movimentação Operador	60	40
3. Soltar três barras da máquina	80	140
4. Fixar barras na máquina	85	95
5. Religar máquina	20	35
Total	285	350

Observa-se que haveria um ganho de 350 segundos para a troca 1 e 310 segundos para a troca 2. Haveria portanto, redução de 55% no tempo da troca 1 e de 47% no tempo da troca 2. O ganho total considerando as duas trocas é de aproximadamente 10 minutos a cada troca. Como já foi dito, as trocas acontecem em todos os turnos, por isso com a fábrica trabalhando em três turnos, o ganho por dia é de aproximadamente 30 minutos.

Merece destaque também o fato de que a proposta não apresenta um custo elevado, pois as barras reservas já existem, porém são peças reservas, que ficam no departamento de ferramentas, e são utilizadas apenas quando as barras normais se quebram. Elas não ficam portanto ao alcance das pessoas que trabalham nas máquinas.

Seria interessante que fossem compradas três barras a mais de cada tipo, para que fossem colocadas ao lado da bancada em que se realizam as trocas 1 e 2. Dessa forma, o processo de troca poderia ter seu tempo reduzido, mas sem perder a segurança de ter barras reservas no departamento de ferramentas, para o caso em que algumas delas se quebre.

Feito isso, seria necessário um treinamento para os operadores da máquina para que realizassem o procedimento da forma aqui proposta. É importante que haja bastante comprometimento do operador para o sucesso da proposta, pois é preciso de disciplina para

realizar a troca das pastilhas após o ligamento da máquina. Para o operador só muda a ordem das operações, e é possível que ele não perceba o ganho que isso pode ter para a empresa.

Outra questão que deve ser lembrada, é que atualmente a empresa trabalha com estoques intermediários. Estes são dimensionados a partir da produtividade que a máquina vem apresentando nos últimos meses. Logo, com o aumento da produtividade que é proposto neste caso, existe a possibilidade que ocorra redução desses estoques, o que seria redução de um desperdício.

3.4 Linha Usinagem do bloco

A segunda máquina em que foi aplicado o método pertencia a linha de usinagem do bloco do motor. Neste caso, o método foi aplicado em consequência de uma melhoria ergonômica realizada em uma das estações da máquina, sendo que essa melhoria veio a agregar tempo na máquina. É muito importante prover condições de ergonomia para as atividades, mas é interessante que isso não implique em uma perda de produtividade da máquina.

Primeiramente será abordada a condição da troca, em seguida a melhoria proposta, e então será discutido o tempo que ela agregou. No final, será discutido algumas propostas visando a redução do tempo de troca de ferramenta.

3.4.1 Condição da troca

A melhoria ocorreu em uma das quatro fresas que a máquina possui. As fresas pesam em torno de 15 quilos, e a melhoria foi colocada na estação em que a condição ergonômica era mais crítica, e gerava risco de esmagamento da mão do operador. As fresas atuam em duas estações duas a duas, sendo duas a direita da máquina e duas a esquerda da máquina.

Além disso, houve reclamação dessa operação de troca da fresa para a CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes) por parte de um dos operadores da máquina. Neste trabalho foi acompanhado o desenvolvimento dessa melhoria, para então elaborar as propostas de redução do tempo de troca de ferramenta.

A fresa que é utilizada na máquina é mostrada conforme Figura 18:



Figura 18: Fresa utilizada na máquina que realiza a usinagem do bloco.

A condição para a troca é muito ruim pois além de se tratar de uma fresa pesada, existem alguns obstáculos por onde o operador tem que passar para ter acesso à mesma, a porta da estação tem 52 centímetros, o que faz com que ele entre de lado na mesma. A Figura 19 que ilustra essas condições:

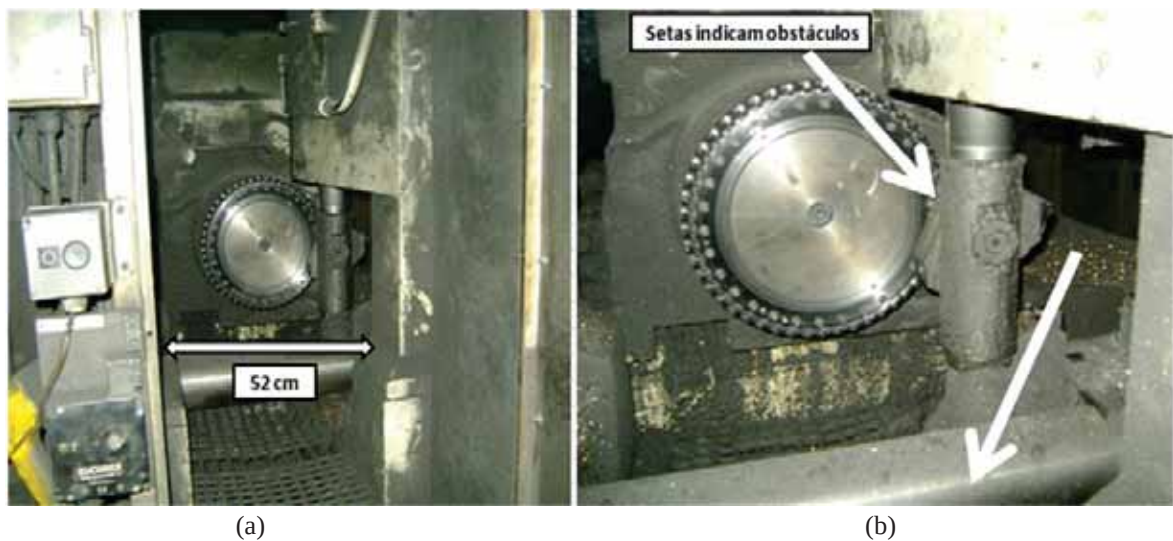


Figura 19: Condição da máquina da linha de usinagem do bloco. (a) Entrada da estação em que a troca da fresa é mais crítica. (b) Detalhe dos obstáculos que o operador tem que enfrentar para ter acesso à fresa.

Além de ter que entrar de lado, o operador deve ficar agachado, com uma das pernas flexionadas e a outra pra fora da estação, com seu dorso torcido.

3.4.2 Melhoria Proposta

Para melhorar essa condição, foi pensado em um dispositivo em forma de “T”, de cabeça para baixo, para ser acoplado na fresa. A foto do dispositivo está na Figura 20:



Figura 20: Dispositivo desenvolvido para se acoplar na fresa.

Ele faz uso de duas roscas que vem na fresa do fornecedor, se acoplando nas mesmas com dois parafusos que ele possui em sua parte de baixo. A foto que ilustra esses detalhes do dispositivo está expressa na Figura 21:

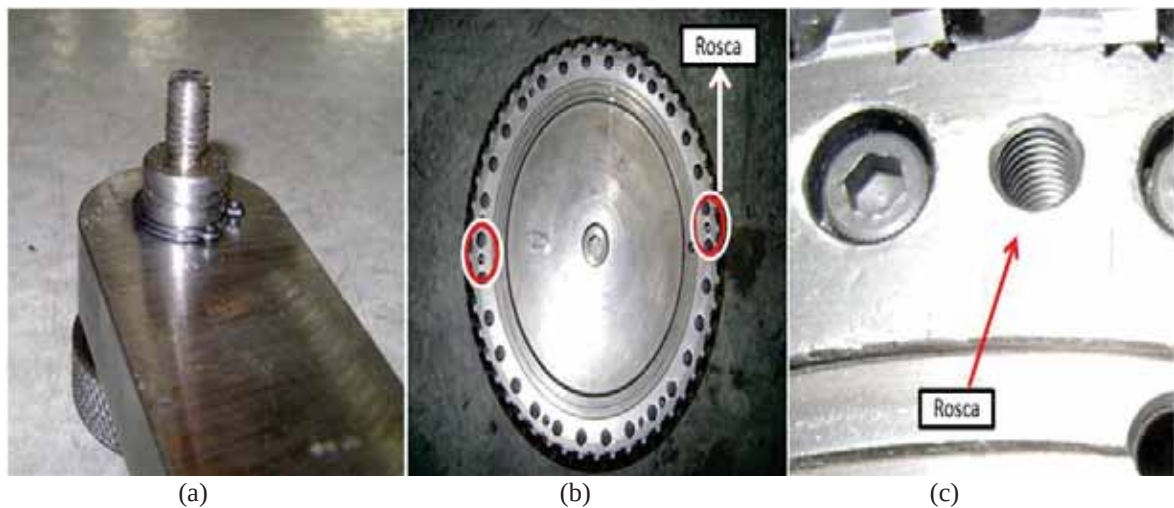


Figura 21: Parafuso do dispositivo “T” e roscas da fresa: (a) Parafuso do dispositivo “T” usado para conectar o mesmo na fresa. (b) Duas roscas presentes na fresa. (c) Rosca da fresa em detalhe.

A parte de cima do dispositivo “T” se acopla a um gancho com um cabo de aço. Este cabo está conectado a uma talha de reação. O objetivo é que essa talha sustente o peso da fresa com o dispositivo, de forma que o peso para o operador seja quase zero. As fotos que ilustram o que foi explicado estão expostas na Figura 22:

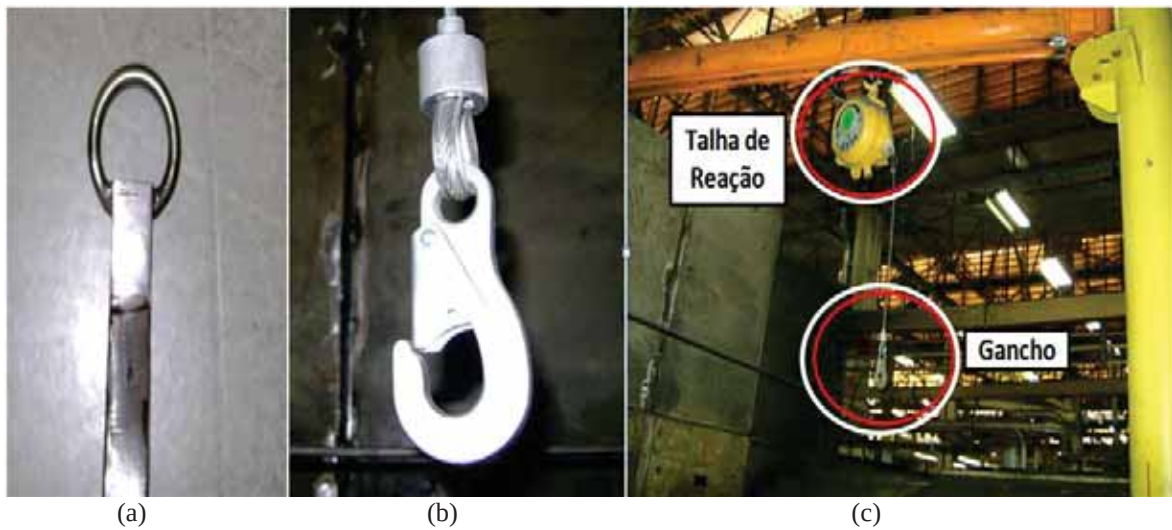


Figura 22: Gancho e talha de reação: (a) Parte superior do dispositivo “T”. (b) Gancho do cabo de aço. (c) Talha de Reação, com cabo de aço prendendo o gancho.

3.4.3 Tempo agregado pela melhoria

O proposta de melhoria facilita a atividade do operador, pois apesar de a condição ergonômica não ter sofrido grandes alterações, o fato de o esforço ser bem pequeno e essa troca ocorrer a cada quatro ou cinco dias representa uma melhora considerável na condição da troca da ferramenta. Na Tabela 4 está expresso o tempo antes da melhoria, e ao lado o tempo após a melhoria:

Tabela 4: Comparação entre os tempos antes e após a melhoria ergonômica.

	Antes da melhoria	Após a melhoria
Tempo (segundos)	793	1042

A partir da Tabela 4, pode-se perceber que a melhoria agrega 249 segundos, o que equivale aproximadamente a 4 minutos. Considerando a frequência acima citada com que essa fresa é trocada, esse tempo agregado não é tão significativo, pois no mês inteiro estaria se perdendo aproximadamente 28 minutos de funcionamento da máquina. Por dia isso equivale a aproximadamente 1 minuto.

Entretanto, considerando a competitividade do mercado, o que está ocorrendo é que devido à melhoria, está se perdendo mais tempo para se agregar o mesmo valor ao produto. A ideia desse trabalho é portanto, identificar algumas melhorias simples e de baixo custo para reduzir ao máximo o acréscimo de tempo gerado pela melhoria ergonômica.

Para ficar mais claro de onde vem esse tempo agregado, e quais operações são adicionadas, segue a Tabela 5, que mostra cada operação, com seu respectivo tempo, referente a troca da fresa sem a melhoria ergonômica:

Tabela 5: Tempo que uma fresa leva para ser trocada, sem considerar a melhoria ergonômica.

Operação	Tempo (segundos)
1. Retirar fresa usada da máquina	54
2. Limpeza do encaixe da fresa	14
3. Fixar fresa nova	57
Total	125

Para maior clareza, segue o detalhamento dessas operações:

1. Retirar fresa usada da máquina: O operador deve soltar o parafuso Allen central que fixa a fresa na máquina, e então retirar manualmente a ferramenta de usinagem.
2. Limpeza do encaixe da fresa: O encaixe onde o fresa se fixa deve ser limpo com um pano pois fica muito sujo ao longo da operação normal da máquina. Isso garante o melhor funcionamento da máquina quando religada.
3. Fixar fresa nova: O operador deve pegar a nova fresa, encaixá-la na máquina e fixá-la na mesma através do parafuso Allen.

Para que se faça uma comparação, verificar a Tabela 6, que mostra as operações, com seus respectivos tempos que envolvem a troca da fresa com a melhoria ergonômica:

Tabela 6: Operações e tempos que envolvem a troca de uma fresa considerando a melhoria ergonômica.

Operação	Tempo (segundos)
1. Soltar fresa	41
2. Encaixar fresa usada no dispositivo "T"	20
3. Buscar gancho	13
4. Acoplar gancho no dispositivo "T"	34
5. Trazer fresa para o carrinho	27
6. Soltar fresa usada do dispositivo "T"	24
7. Retirar parafuso e retentor da fresa usada e colocar na nova	15
8. Acoplar dispositivo "T" na fresa nova	38
9. Limpeza do encaixe da fresa	22
10. Acoplar gancho no dispositivo "T" da fresa	6
11. Levar fresa nova até o encaixe	43
12. Soltar gancho do dispositivo "T"	28
13. Soltar o dispositivo "T" da fresa	33
14. Fixar fresa nova	30
Total	374

A seguir vai um detalhamento das operações para melhor entendimento:

1. Soltar fresa: Soltar o parafuso central que fixa a fresa na máquina, sem retirá-la da máquina.

2. Encaixar fresa usada no dispositivo “T”: No interior da máquina, pegar a parte de baixo do dispositivo “T” e utilizando os dois parafusos lá presentes, encaixá-los nas duas roscas da fresa usada.
3. Buscar gancho: Ir até fora da estação da máquina e pegar o gancho da talha e retornar até a estação da máquina, próximo da fresa.
4. Acoplar gancho no dispositivo “T”: Encaixar o gancho na parte superior do dispositivo “T”.
5. Trazer fresa para o carrinho: Com o Uso da talha de reação, trazer a fresa para o carrinho.
6. Soltar fresa do dispositivo “T”: Soltar da fresa os dois parafusos do dispositivo “T”.
7. Retirar parafuso e retentor da fresa usada e colocar na nova: Na parte central da fresa, existe um retentor, que deve ser movido da fresa usada para a nova, juntamente com o parafuso.
8. Acoplar dispositivo “T” na fresa nova: 9 Realizar o procedimento da operação 2, com a fresa nova fora da máquina.
9. Limpeza do encaixe da fresa: O encaixe onde o fresa se fixa deve ser limpo com um pano pois fica muito sujo ao longo da operação normal da máquina.
10. Acoplar gancho no dispositivo “T” da fresa: Procedimento semelhante ao da operação 2, mas com a fresa nova e fora da maquina, o que facilita para o operador.
11. Levar fresa nova até o encaixe: Com o auxilio da talha de reação, levar a fresa do carrinho para o interior da máquina, e encaixá-la na mesma.
12. Soltar gancho do dispositivo “T”: No interior da máquina, soltar gancho do dispositivo “T”.
13. Soltar o dispositivo “T” da fresa: No interior da máquina, soltar os parafusos do dispositivo que se fixam nas roscas da fresa.
14. Fixar fresa nova: No interior da máquina, fixar fresa nova na máqiuna através de seu parafuso central.

Basta comparar o número de operações nas Tabela 5 e 6 para se verificar que de fato a troca com a melhoria possui maior complexidade.

3.4.4 Propostas

A primeira é um carrinho, onde seriam apoiadas as fresas novas e as retiradas da máquina. O operador já possui um carrinho desses, mas o trajeto que ele percorre é bastante grande, levando em torno de 3 minutos para que ele de a volta e vá para o outro lado. Existe uma escada que, caso fosse usada, o tempo necessário seria apenas 45 segundos. Para ilustrar o carrinho aqui proposto é mostrado na Figura 23:



Figura 23: Exemplo de carrinho que poderia ser fornecido para reduzir tempo de caminhada do operador.
Fonte: DIADEMA OLX. Acesso em: 30.out.2011.

Na situação atual, o operador tem que dar a volta em toda a linha, empurrando um carrinho com as fresas novas e usadas. Esse trajeto tem aproximadamente 80 metros. Na situação proposta, um carrinho a mais já teria sido colocado do outro lado da máquina, ao lado da estação. Ele seria colocado lá enquanto a máquina estivesse produzindo.

Dessa forma, é possível se utilizar uma escada que possibilita o acesso ao outro lado da máquina em um trajeto de aproximadamente 20 metros. A escada não é usada atualmente pois atravessá-la com duas fresas de 15 quilos seria um risco concreto de acidente, visto que o operador não poderia utilizar os corrimãos da escada. A Figura 24 ilustra a situação atual e a proposta:

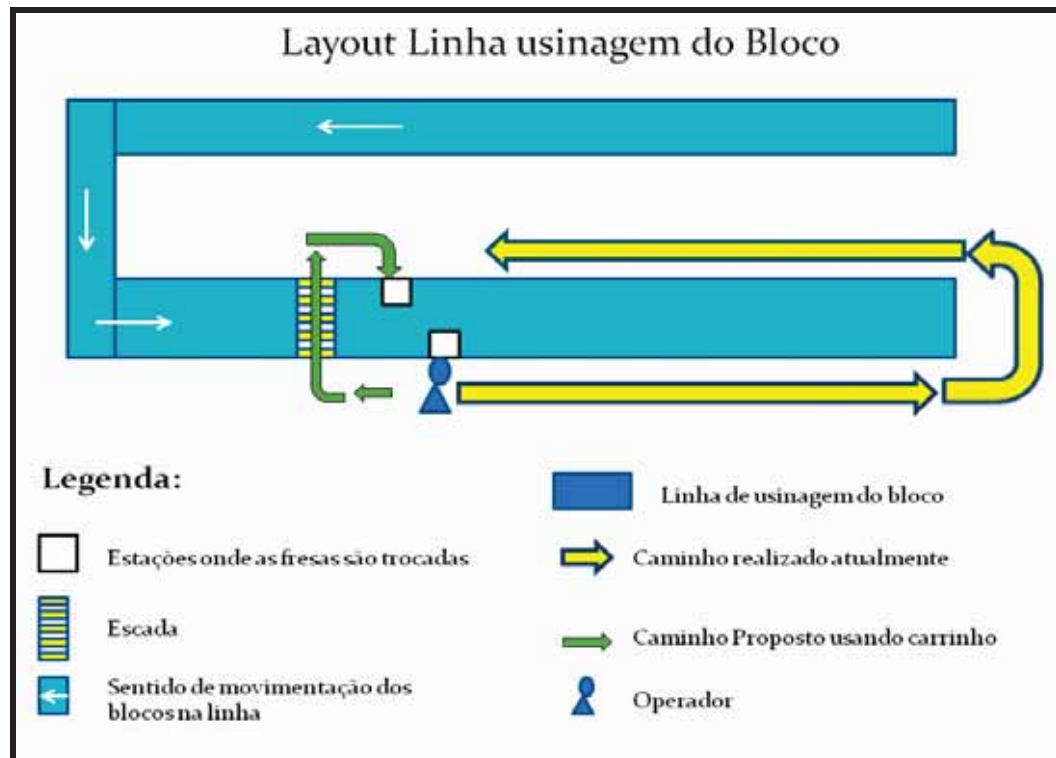


Figura 24: Layout da linha do bloco mostrando situações atual e proposta.

Fonte: Autoria Própria

O carrinho pode ser confeccionado pelo Kaisen da fábrica, um departamento responsável por melhorias de pequeno porte em toda a fábrica. Este tipo de melhoria já foi realizada em outras áreas, de forma o custo para a melhoria aqui proposta já está sendo pago todo mês, basta que se aloque essa mão de obra para realizar essa proposta.

A segunda proposta é a confecção de um dispositivo “T” reserva. A proposta é que o dispositivo reserva seja preparado enquanto a máquina não é parada, já sendo acoplado na fresa nova. Com isso, é possível ganhar o tempo gasto nas operações 6, 7 e 8, em que é preciso soltar o dispositivo “T”, passar o parafuso e o retentor da fresa usada para a fresa nova e acoplar o dispositivo “T” na fresa nova. Baseado na Tabela 6, o ganho estimado é de 77 segundos.

Essa ação pode ser realizada pelo departamento de ferramentas da fábrica, uma vez que o dispositivo original foi confeccionado pelo mesmo. Da mesma forma que na proposta anterior, o custo para realizar isso já é pago todo mês pela fábrica.

A terceira proposta é a paralelização das trocas. Para isso, seria necessário uma pessoa a mais para realizar a troca, sendo que uma delas realizaria a troca de duas fresas e a outra a troca das 2 fresas restantes. Esta sugestão é a que apresenta o maior ganho, estimado em

aproximadamente 420 segundos. Porém, é aquela que necessita do recurso mais caro para a fábrica, que é a mão de obra extra.

Dentro da hierarquia da empresa, existe um cargo que tem a função de dar suporte para os operadores a linha, aplicar ferramentas de melhoria contínua e fazer a ligação entre as dificuldades da área com o supervisor da área. A pessoa desse cargo poderia, teoricamente, ser a mão de obra extra que essa proposta precisa, mas como ela deve dar suporte a toda a área, é muito difícil poder contar com ela em 100% dos casos.

Dentro desse contexto, a ideia seria implementar as duas primeiras propostas. Mas quando houvesse disponibilidade daquela pessoa em auxiliar o operador da máquina, seriam executadas a primeira e a terceira proposta.

É importante deixar claro que a segunda e a terceira proposta nunca podem ter seus ganhos somados, pois uma vez que ocorre a paralelização das trocas (terceira proposta), o operador não tem a necessidade de chegar até o outro lado da máquina, pois a mão de obra extra já estaria realizando a troca lá. Dessa forma, não há a movimentação excessiva do operador, que é a questão atacada na segunda proposta.

Implementando as duas primeiras propostas o ganho total estimado é de 197 segundos, o que implica em uma redução de aproximadamente 19% em relação ao tempo já com a melhoria. No caso de se implementar a primeira e a terceira proposta, o ganho total estimado é de 497 segundos, o que significa uma redução de aproximadamente 48% também em relação ao tempo já com a melhoria.

4 CONCLUSÃO

4.1 Verificação dos objetivos

A realização do presente trabalho teve como objetivos elaborar propostas de redução do tempo de setup de máquinas e observar condições desfavoráveis do ponto de vista ergonômico.

No caso da linha da biela, a proposta utilizar barras reservas foi bem sucedida pois eliminou duas operações, entre elas a mais demorada. Nessa máquina, ocorrem dois tipos de troca de ferramenta. Na troca da ferramenta que usina o diâmetro do girabrequim, obteve-se possibilidade de redução de 55% do tempo de setup. No caso da ferramenta que usina o diâmetro do pino do pistão, obteve-se possibilidade de redução de 47%. Esses são valores significativos, especialmente considerando que podem ser alcançados sem uso de grandes investimentos.

No caso da linha do bloco, conclui-se que a melhoria ergonômica gera maior conforto para a troca, pois alivia muito o peso que o operador tem que sustentar. Essa melhoria agregou tempo a troca, entretanto as propostas elaboradas praticamente anulam esse acréscimo. Destaca-se as duas primeiras propostas que não geram grande custo, e apresentam redução de aproximadamente 20% do tempo com a melhoria.

Caso se aplique a primeira e a terceira proposta, o ganho seria bastante significativo, redução de 48% em relação ao tempo já com a melhoria. Entretanto, a paralelização das operações necessita de uma outra mão de obra no momento da troca. Buscando a conciliação de todas as propostas, o melhor para a fábrica seria se as três idéias fossem implementadas, sendo que a terceira fosse realizada sempre que houvesse disponibilidade da mão de obra extra.

Dessa forma, através da aplicação do método TRF, foi possível obter ganhos em relação à produtividade dessas máquinas, o que de acordo com o que já foi exposto nos capítulos anteriores, representa uma ganho em competitividade para a fábrica.

4.2 Sugestões para trabalhos futuros

Tendo em vista que as propostas elaboradas no presente trabalho apresentam ganhos razoáveis, sem grandes investimentos para a empresa, uma sugestão de trabalho futuro é

implementar as ideias aqui propostas que de maneira estruturada, isto é, confeccionando-se trabalho padronizado para as novas operações, fornecendo treinamento para os operadores sobre como realizar a troca.

No caso da aplicação na linha de usinagem da biela, ainda há oportunidades de melhoria, principalmente com relação a movimentação do operador, que é um desperdício. A sugestão é que se realize um trabalho buscando reduzir ao máximo esse tempo, de forma a tornar as trocas realizadas na máquina, as mais enxutas possíveis.

Outra sugestão seria realizar um estudo com as ferramentas e parâmetros de usinagem da máquina, de forma a maximizar a vida das ferramentas e garantir menores quantidades de trocas de ferramentas ao longo do mês.

REFERÊNCIAS

ALIBABA. Disponível em <<http://portuguese.alibaba.com/product-gs/oem-small-screw-455124900.html>>. Acesso em 28.out.2011.

AMADIO, Alberto Carlos (Coord.). **Fundamentos Biomecânicos para a Análise do Movimento Humano**. São Paulo: Laboratório de Biomecânica. EEFUSP, 1996.

ANFAVEA (Org.). **Anuário Estatístico**. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/index.html>>. Acesso em: 01 nov. 2011.

ANTUNES JR, J. A. **Em direção a uma teoria geral na Administração da produção: uma discussão sobre a possibilidade de satisfação da Teoria das Restrições e da teoria que sustenta a construção de Sistemas de Produção com Estoque Zero**. Porto Alegre, PPGA/UFRGS, 1998 (Tese de Doutorado em Administração).

APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência – filosofia e prática da pesquisa**. Editora Pioneira Thomson Learning, São Paulo, 2006.

ASSIS, Rui. **Como viabilizar a produção em pequenos lotes? O método SMED**. 1999. Disponível em: <<http://www.rassis.com/artigos/SMED.pdf>>. Acesso em: 21 jul. 2011.

BELEM OLX. Disponível em:< <http://belem.olx.com.br/biela-do-motor-da-dakota-2-5-td-peca-sime-nova-iid-79433407>>. Acesso 26.out.2011.

BENITES, Anderson Teixeira; VALÉRIO, Luciano Mendes. **Competitividade – Uma abordagem do ponto de vista teórico**. Disponível em: <<http://www.ufms.br/dea/oficial/HTM/artigos/administra%E7%E3o/Pol%EDtica%20de%20Neg%F3cios%20e%20Economia%20de%20Empresas/competitividade%20art.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2011.

BERTOLOTI, Gilsilei. **Troca Rápida - Aumento de eficácia através da melhoria da etapa de preparação de máquinas**. 2000. Disponível em: <http://www.moldesinjecaoplasticos.com.br/trf.asp>>. Acesso em: 06 jul. 2011.

CANGÜE, Feliciano José Ricardo; GODEFROID, Leonardo B.; SILVA, Eduardo. **Análise atual do setor automobilístico nacional**. Revista Científica Symposium. v. 2, n. 1, 2004. Lavras: Instituto Adventista de Ensino de Minas Gerais, 2004.

CONTADOR, J. C.; Professores do departamento de Engenharia de produção da Escola Politécnica da USP e da Fundação Carlos Alberto Vanzolini. **Gestão de Operações**. Edgard Blutcher LTDA. 2ª Edição, 1998.

DIADEMA OLX. Disponível em< <http://diadema.olx.com.br/carrinho-para-ferramentas-aberto-sem-gavetas-com-prateleira-fercar-01-iid-129324105>>. Acesso em: 30.out.2011.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; FAGUNDES, Paulo Ricardo Motta. **Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v10n2/a04v10n2.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2011.

GUÉLAUD,F.; BEAUCHESNE, M.N.; GAUTRAT, J. e ROUSTANG, G. **Pour une analyse des Conditions du Travail Ouvrier dans l'Enterprise**. Recherche du Laboratoire d'Economie et de Sociologie du Travail.Paris:Librarie Armand Colin, 1975.

HOFRICHTER, Markus. **SMED** Single Minute Exchange of Die. Disponível em: <http://www.rcinvest.com.br/conteudo_detalhes.asp?cod_conteudo=472>. Acesso em: 25 jun. 2011.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: Projeto e Produção**. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

KANDEL, E.R.; SCHWARZ, J.H.; JESSEL, T.M. **Principles of Neural Science**. Elsevier, 1991.

KANNENGERG, G. **Proposta de sistemática para implantação de troca rápida de ferramentas**. 1994. Dissertação (Mestrado) – PPGEP/UFRGS, Porto Alegre.

KUTNEY, Pedro. **Margem, que embute lucro, pode passar de 100% no Brasil; é preciso discuti-la**. Disponível em: <<http://carros.uol.com.br/ultnot/2011/07/13/margem-que-embute-lucro-pode-passar-de-100-no-brasil-e-preciso-discuti-la.jhtm>>. Acesso em: 01 nov. 2011.

LEAN INSTITUTE BRASIL (Org.). **Setup rápido**. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/workshop/34/setup-rapido.aspx>>. Acesso em: 20 jul. 2011.

MARDEGAN, Ronaldo et al. **Estudo de Caso de Implementação de Troca Rápida de Ferramenta em uma Empresa Metal Mecânica**. 2006. Disponível em: <<http://pessoal.utfpr.edu.br/wolff/arquivos/S15QImplementacaoTRF.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2011.

MAYO CLINIC, **A ergonomia impulsiona a produtividade e os lucros**. 2009. Disponível em <<http://www.mayoclinic.org/news2009-prtg/5335.html>>. Acesso em: 30 set. 2011.

MELLO, Carlos Henrique Pereira; TURRIONI, João Batista. **Metodologia de pesquisa. Estratégias, métodos e técnicas para pesquisa científica em engenharia de produção**. 2007.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick; MORABITO, Reinaldo; PUREZA, Vitoria. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção**. Brasil: Campus, 2010.

OLIVER, Jean. **Cuidados com as Costas: Um Guia para Terapeutas**. São Paulo: Manole. 1999.

PEREIRA, Marcelo Alves. **Estudo De Caso Da Metodologia Smed: Questões Operacionais Para Implantação Em Tornos Cnc**. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STP_069_490_11942.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2011.

PORTER, Michael Eugene. **Vantagem competitiva**. Rio de Janeiro: Campus, 1989

PORTER, Michael Eugene. **A vantagem competitiva das nações**. 1993 Campus. Rio de Janeiro

POZO, Hamilton. **Teoria das restrições: o sucesso através de redução do tempo set up em uma pequena indústria de manufatura**. 2007. Curso de Mestrado em Gestão de Negócios, Universidade Católica de Santos.

PROENÇA, R.P.C. e MATOS, C.H. **Condições de trabalho e saúde na produção de refeições em creches municipais de Florianópolis**. *Revista Ciências da Saúde*, v.15, n.1-2, p.73-84, 1996.

RENTES, A.F; NAZARENO, R.R.; MARDEGAN, R.; JUNQUEIRA, R.P.: **Lean Production for Enterprises with High Variety of Products**. Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM 2005, Bilbao, Espanha.

SALES, Alessandra Simoni Ferraz. **Logística na cadeia de suprimentos da indústria automobilística: projeto de racionalização do fluxo de informações de materiais**. 2000. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SATOLO, Eduardo Guilherme; CALARGE, Felipe Araújo. **Troca Rápida de Ferramentas: estudo de casos em diferentes segmentos industriais**. 2008 Disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/810/81011748011.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2011.

SATOLO, Eduardo Guilherme; CALARGE, Felipe Araújo. **A melhoria de sistemas produtivos baseada na diminuição de preparação das máquinas: um estudo exploratório no setor metal-mecânico**. 2004. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2004_enegep0201_0935.pdf>. Acesso em 10 out. 2011.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. Artes médicas. 1996.

SHINGO, S. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos**. Bookman, 2000.

SILVA, Christian Luiz da. **Competitividade e estratégia empresarial: um estudo de caso da indústria automobilística brasileira na década de 1990**. Disponível em: <http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/revista_da_fae/fae_v4_n1/competitividade_e_estrategia.pdf>. Acesso em: 15 set. 2011.

SLACK, N.; JOHNSTON, R.; CHAMBERS, S.: **Administração da Produção**. Atlas, 2ª edição, 2002

TERMOS utilizados em economia Disponível em: <<http://www.ens.ufsc.br/~soares/dicionario.htm>>. Acesso em: 20 out. 2011.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação**. Cortez Editora, 14a. edição, São Paulo, 2005.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riquezas**. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues, 1998.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 2004. Tradução de Ivo Korytovski. 3.ed. Rio de Janeiro: Campus. Título original: The Machine That Changed the World.

ZVIRTES, Leandro; AMARAL, Fernando. **O custo da intervenção ergonômica pela lógica do ABC/ABM**. 2001. Disponível em:
<http://www2.joinville.udesc.br/~labq/O_custo_de_intervencao_ergonomica_pela_logica_do_ABC_ABM.pdf>. Acesso em: 24 set. 2011.