



Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

**Aplicação dos Conceitos de Produção Enxuta para a Eliminação de
Desperdícios em Processos de uma Indústria Metalmeccânica**

Eduardo Curti Cirilo

**Maringá - Paraná
Brasil**

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

Aplicação dos Conceitos de Produção Enxuta para a Eliminação
de Desperdícios em Processos de uma Indústria Metalmeccânica

Eduardo Curti Cirilo

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia de Produção, do Centro de
Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá.
Orientador(a): Prof^ª. Olivia Toshie Oiko

Maringá - Paraná

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, os responsáveis por minha educação
e formação pessoal.*

Quero melhorar em tudo. Sempre.

Ayrton Senna

RESUMO

Para se manterem no mercado e alcançarem uma posição de destaque perante aos clientes, as empresas realizam projetos industriais com o intuito de melhorar seus processos e garantir a qualidade de seus produtos. Nesse sentido, este trabalho vem apresentar algumas ações e propostas com o objetivo de trazer melhorias aos processos de uma empresa do setor metal-mecânico, através do ponto de vista do *Lean Manufacturing*.

O estudo realizado apresenta três frentes: A utilização das práticas de SMED para a melhoria da eficiência da produção, a implantação de um novo processo envolvido com o setor de teste de produtos para a garantia da qualidade e uma proposta de movimentação e transporte para a facilitação do fluxo de materiais.

O trabalho realizado trouxe resultados consideráveis, como a redução dos tempos dedicados aos *setups* de uma das células de usinagem em uma média de 30%, a redução do transporte de peças entre células e da movimentação e manuseio de componentes durante o processo de solda, trazendo a redução de aproximadamente 38% do tempo utilizado por peça neste processo e também a redução de cerca de 44% na aquisição do óleo hidráulico utilizado no setor de testes. Pôde ser constatado um aumento da qualidade da entrega final e um aumento da eficiência da produção. Os métodos utilizados estão apresentados no decorrer do trabalho.

Palavras-chave: Eliminação de Desperdícios; *Kaizen*; Produção Enxuta; *Setup*; Troca Rápida de Ferramentas.

SUMÁRIO

1	Introdução.....	10
1.1	Justificativa.....	10
1.2	Definição e delimitação do problema.....	11
1.3	Objetivos.....	12
1.3.1	Objetivo geral.....	12
1.3.2	Objetivos específicos.....	12
2	Revisão da Bibliografia.....	14
2.1	Análise dos processos.....	14
2.1.1	<i>Layout</i>	14
2.1.2	Sequenciamento de operações.....	15
2.1.3	Balanceamento de operações.....	15
2.1.4	Lean Manufacturing.....	15
2.1.5	<i>Kaizen</i>	16
2.1.6	5S.....	17
2.1.7	<i>Setup</i>	17
2.1.7.1	SMED.....	18
3	Metodologia.....	19
4	Desenvolvimento.....	21
4.1	Apresentação da empresa.....	21
4.1.1	Apresentação do produto.....	21
4.2	Descrição do processo.....	23
4.2.1	Problemas de Setup.....	26
4.2.2	Problemas de Movimentação e Transporte.....	28
4.2.2.1	Movimentação Geral.....	28
4.2.2.2	Célula de Solda de Hastes.....	28
4.2.3	Desperdício de Óleo.....	29
4.3	Melhoria do setup.....	30
4.3.1	Observação de tempos.....	30
4.3.2	Ações definidas para a redução do tempo de setup.....	40
4.3.3	Resultados.....	45
4.4	Melhoria da Movimentação.....	50
4.5	Reaproveitamento de Óleo.....	58
5	Conclusão.....	61
	Referências BIBLIOGRÁFICAS.....	62

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Vista 3D de um cilindro hidráulico fechado	22
Figura 2: Vista 3D interna de um cilindro hidráulico, através de corte transversal	22
Figura 3: Representação dos setores envolvidos na produção	23
Figura 4: Chão de fábrica	25
Figura 5: Cilindro fechado com destaque na região onde o óleo fica alojado.....	29
Figura 6: Castanhas de usinagem gravadas e identificadas na prateleira	43
Figura 7: Ferramenta de usinagem com bucha externa	44
Figura 8: Aperto do parafuso antigo.....	45
Figura 9: Aperto do novo parafuso.....	45
Figura 10: Estoque intermediário para peças cortadas	51
Figura 11: Estoque de peças cortadas dedicado exclusivamente à célula de êmbolos e guias.	52
Figura 12: Diagrama de Espaguete - Processo atual	55
Figura 13: Diagrama de Espaguete - Proposta	56
Figura 14: Diagrama de Espaguete - Solda de hastes.....	57
Figura 15: Diagrama de Espaguete - Solda de hastes.....	57
Figura 16: Funcionamento da válvula de Venturi	58
Figura 17: Bancada de esgotamento de óleo	59

LISTA DE TABELAS

Quadro 1: Melhoria de Produtividade. Fonte: Fullmann, 2009.....	17
Quadro 2: Diários de Bordo no início do mês de Outubro.....	27
Quadro 3: <i>Setup</i> observado 1.....	31
Quadro 4: <i>Setup</i> observado 2.....	32
Quadro 5: <i>Setup</i> observado 3.....	33
Quadro 6: <i>Setup</i> observado 4.....	34
Quadro 7: <i>Setup</i> observado 5.....	36
Quadro 8: <i>Setup</i> observado 6.....	37
Quadro 9: <i>Setup</i> observado 7.....	38
Quadro 10: <i>Setup</i> observado 8.....	39
Quadro 11: Distribuição da produção por máquina.....	41
Quadro 12: <i>Setup</i> observado 11.....	46
Quadro 13: <i>Setup</i> observado 10.....	47
Quadro 14: <i>Setup</i> observado 12.....	47
Quadro 15: <i>Setup</i> observado 13.....	48
Quadro 16: <i>Setup</i> observado 14.....	49
Quadro 17: Diários de Bordo ao final do mês de Novembro.....	50
Quadro 18: Diagrama Família x Operações.....	53
Quadro 19: Resultado da análise do Diagrama de Fmaílias x Operações.....	54
Quadro 20: Comparação do consumo de óleo por peça antes e depois da implantação do novo processo.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNC – Comando Numérico Computadorizado

PCP – Planejamento e Controle da Produção

SMED – Single Minute Exchange of Die (Troca Rápida de Ferramentas)

STP – Sistema Toyota de Produção

1 INTRODUÇÃO

Observando a situação atual do mercado competitivo, entende-se que as empresas buscam diferenciais que envolvam redução de custos, menor tempo de entrega e maior qualidade do produto final, para se manterem bem posicionadas entre os concorrentes. A redução dos custos industriais se dá através da realização de melhorias de processo de fabricação.

A empresa em que foi realizado o estudo é do setor metalmeccânico, existe há oito anos e produz cilindros hidráulicos. Trata-se de uma produção em constante processo de melhoria, devido ao planejamento da direção de se implantar a norma ISO 9001, mas que ainda necessita de muitas mudanças para poder trabalhar de forma mais eficiente. A produção está instalada em uma área de cerca de 2000m² e conta com 22 operadores. Todos os processos são realizados neste mesmo barracão e são divididos em células produtivas, sendo elas: estoque de matéria-prima, almoxarifado, serra, brunidora, usinagem, solda, montagem, teste, pintura e expedição.

A meta estipulada pela alta direção, baseando-se na demanda, é de cem cilindros por dia, sendo que a média da produção diária observada nos meses de Junho e Julho de 2016 vem sendo de 90 cilindros por dia. O que gera uma grande necessidade de aumentar a capacidade produtiva através de melhorias de processos a partir de já é o planejamento estratégico da empresa, que prevê um aumento da meta diária para 150 cilindros para o ano de 2017, conforme decidido pela alta direção no Planejamento Estratégico. .

O principal foco deste trabalho é a melhoria de eficiência em uma das células produtivas, através de conceitos de *Lean Manufacturing* (Produção Enxuta), e ainda ações relacionadas ao teste de cilindros e ao fluxo de materiais na produção, que é atualmente uma das principais causas de desperdícios, devido à falta de organização e padronização do transporte de materiais e dos estoques intermediários.

1.1 Justificativa

A realização deste trabalho tem o objetivo de apresentar para a gerência da Engenharia e para a alta direção da empresa um estudo que envolva uma série de *kaizens* focando na melhoria

do fluxo da produção e na eliminação de desperdícios na célula que é considerada o gargalo, ou seja, a etapa que limita o resultado de toda a produção.

Percebe-se que atualmente a diretoria da empresa tem investido em equipamentos mais eficientes, o que trouxe um grande aumento da produtividade, porém não havia alguém que estivesse dedicando seus esforços a propor melhorias que não envolvessem grandes investimentos.

1.2 Definição e delimitação do problema

O estoque intermediário de peças cortadas, trata-se das barras e tubos que foram serrados e formam estoques no chão em mais de um ponto do chão de fábrica, muitas vezes ocupando corredores e gerando transtornos. Desta forma, os operadores dos tornos perdem vários minutos procurando o lote sequenciado e ainda têm dificuldades para transportá-lo até sua máquina devido ao peso das caixas de peças e ao fato de as mesmas estarem no chão, tendo de ser levantadas.

O fluxo em questão inicia-se na serra, e envolve seis células produtivas: Brunimento, Solda, Usinagem de Camisas, Usinagem de Êmbolos e guias, Usinagem de hastes e Usinagem de Acessórios. Após estas etapas, já estão formados os grupo de componentes principais do cilindro hidráulico que seguirão para a Montagem e para os processos de acabamento, porém este trabalho limita-se a analisar e propor melhorias para as primeiras etapas, conforme apresentadas acima.

Um segundo ponto estudado neste trabalho envolve o Teste de cilindros, etapa que antecede a pintura das peças. O teste em questão envolve realizar a abertura e fechamento do cilindro através da inserção do óleo hidráulico - o mesmo utilizado para o seu funcionamento em campo - com o objetivo de aprovar ou não a peça quanto à vedações e pressão. O problema em questão é que há uma quantidade de óleo em todos os cilindros que não pode ser removida apenas com o fechamento da haste, devido à uma cavidade interna.

Portanto será apresentado o processo de esgotamento de óleo hidráulico após o teste. O motivo do estudo envolver também esta etapa é a necessidade imediata de se realizar uma melhoria do processo, pois o método atual de esgotamento deste óleo é demorado e pouco eficiente, fazendo com que as peças carreguem uma sobra de óleo em seu interior, que continua vazando lentamente através das conexões. Este vazamento gera: insatisfação dos

clientes, que recebem as peças com aspecto sujo; dificuldade na pintura, pois a tinta não se adere à região onde o óleo escorre; risco de acidentes de trabalho, pois o óleo torna o chão de fábrica escorregadio; e desperdício de óleo, que poderia ser reutilizado no processo de teste.

O terceiro ponto que será abordado neste trabalho envolve a célula de Acessórios, que é considerada o gargalo da produção, ou seja, o limitante de capacidade produtiva. É composta por três tornos CNC, um centro de usinagem e um torno com abastecimento de barras automático, e é reponsável pela usinagem de itens como fundo, olhais, porcas, batentes, conexões e orelhas. Os três tornos têm apresentado baixo rendimento com relação ao tempo de máquina disponível, o que pode ser observado através dos Diários de Bordo preenchidos pelos operadores e por este motivo a célula também será estudada neste trabalho, com o foco no aumento de sua capacidade produtiva.

O foco deste trabalho é estudar a situação atual e encontrar, através das ferramentas e métodos conhecidos pela Engenharia de Produção, soluções para os problemas de fluxo de produção, óleo remanescente nas peças após o teste e também melhorias para os processos de *setup*, limitando-se aos casos que se pode obter melhores resultados sem grande investimento financeiro.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo melhorar o fluxo de materiais na primeira parte da produção, propondo um novo arranjo para os estoques intermediários e também de realizar melhorias pontuais no processo produtivo, através do uso de conceitos de Produção Enxuta, visando a diminuição de desperdícios e aumento da eficiência.

1.3.2 Objetivos específicos

A fim de atingir o objetivo principal exposto, identificam-se os seguintes objetivos específicos:

- Estudar o layout entre as máquinas onde há maior necessidade de melhoria;
- Estudar o fluxo de materiais entre a serra e a usinagem;
- Definir procedimentos de transporte de materiais entre as células;

- Avaliar possibilidades de implantação de *kaizens* de baixo custo que também reduzam os desperdícios atuais;
- Estudar o processo de *setup* da célula de Acessórios;
- Realizar um *kaizen* envolvendo o esgotamento de óleo hidráulico após o teste;
- Definir nova proposta de fluxo de produção.

2 REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

Os sistemas produtivos das empresas, de modo geral, estão cada vez mais competitivos, incluindo novos conceitos e técnicas que buscam cada vez mais reduzir custos e maximizar lucros, tornando a busca por melhorias na produção um pensamento essencial para se obter destaque no mercado competitivo. De forma a apresentar as referências utilizadas no projeto, este capítulo traz os principais conceitos nos quais esse trabalho se baseia.

2.1 Análise dos processos

A análise de processos examina o fluxo de materiais ou produtos enquanto a análise de operações o trabalho executado pelo operador e máquina. Para realizar mudanças no processo, devemos distinguir o fluxo de produtos do fluxo de trabalho e analisá-los separadamente (SHINGO, 1996).

2.1.1 Layout

A palavra *layout* tem origem na língua inglesa e, no contexto empresarial, pode ser definida como arranjo físico, ou seja, a forma como são organizados máquinas, equipamentos, ferramentas, processos e mão de obra no ambiente de trabalho.

Segundo Slack (2009), o arranjo físico de uma operação ou processo é como seus recursos transformadores são posicionados uns em relação aos outros e como as várias tarefas são alocadas a estes recursos transformadores.

Segundo Cury (2007), devem ser os objetivos de um projeto de layout:

- Otimizar as condições de trabalho do pessoal nas diversas unidades organizacionais;
- Racionalizar os fluxos de fabricação ou de tramitação de processos;
- Racionalizar a disposição física dos postos de trabalho, aproveitando todo o espaço útil disponível;
- Minimizar a movimentação de pessoas, produtos, materiais e documentos dentro da ambiência organizacional.

Para Ferreira e Reaes (2013), a escolha apropriada do arranjo físico para uma planta fabril é fundamental para a viabilidade de uma atividade manufatureira, na economia globalizada e

altamente competitiva. Portanto, um projeto de *layout* necessita ser cuidadosamente planejado, buscando a perfeita harmonia entre os recursos da produção (ROSA et al., 2014).

2.1.2 Sequenciamento de operações

O sequenciamento das operações tem o objetivo de definir a melhor forma na qual as atividades devem ocorrer ao longo do processo, com o intuito de aumentar a produtividade, reduzindo os desperdícios. Este sequenciamento pode ser definido após aplicação de ferramentas como a Cronoanálise e o Diagrama de Espaguete, podendo gerar também uma nova proposta de layout.

2.1.3 Balanceamento de operações

O balanceamento de operações tem a finalidade de facilitar a produção da quantidade necessária e no momento necessária, sendo assim um dos pilares do *Lean Manufacturing*. Segundo Shingo (1996), seu objetivo é fazer com que um processo produza a mesma quantidade do processo precedente, tendo os trabalhadores, equipamentos e todos os outros fatores organizados para atingir esse fim.

O ajuste de tempo e volume são críticos. Se um processo subsequente precisa ser abastecido a intervalos irregulares, o processo precedente precisará de equipamentos e mão-de-obra extra. Quanto maior essa inconsistência, mais gente e equipamento serão necessários ao processo precedente para satisfazer suas necessidades de produção (SHINGO, 1996).

O balanceamento de operações é essencial para a análise e melhoria da eficiência do uso dos recursos de produção, pois viabiliza a concepção de um planejamento que traga um melhor aproveitamento de máquinas e operadores.

2.1.4 Lean Manufacturing

O *Lean Manufacturing* (Produção Enxuta), ou Sistema Toyota de Produção, traz maior competitividade para o sistema produtivo e é definida por Rodrigues (2006)¹ como um sistema de medidas e métodos que, quando adotados simultaneamente, trazem benefícios não apenas na divisão da manufatura, mas na empresa como um todo. Para os autores, os principais campos de atividade envolvidos nesse modelo de produção são o desenvolvimento

¹ In: WARNECKE, H.J., HÜSER, M. *Lean production - International Journal of Production Economics*. Vol. 41, pp. 37-43, 1995.

de produtos, a cadeia de suprimentos, o gerenciamento do chão de fábrica e os serviços de pós venda.

O Sistema Toyota de Produção baseia-se na eliminação de desperdícios, sendo este o principal conceito que tem o objetivo de alcançar custos mais reduzidos. Neste modelo de produção, qualquer atividade que não agrega valor ao produto final é considerada desperdício.

Ohno (1997) classifica os desperdícios em sete classes:

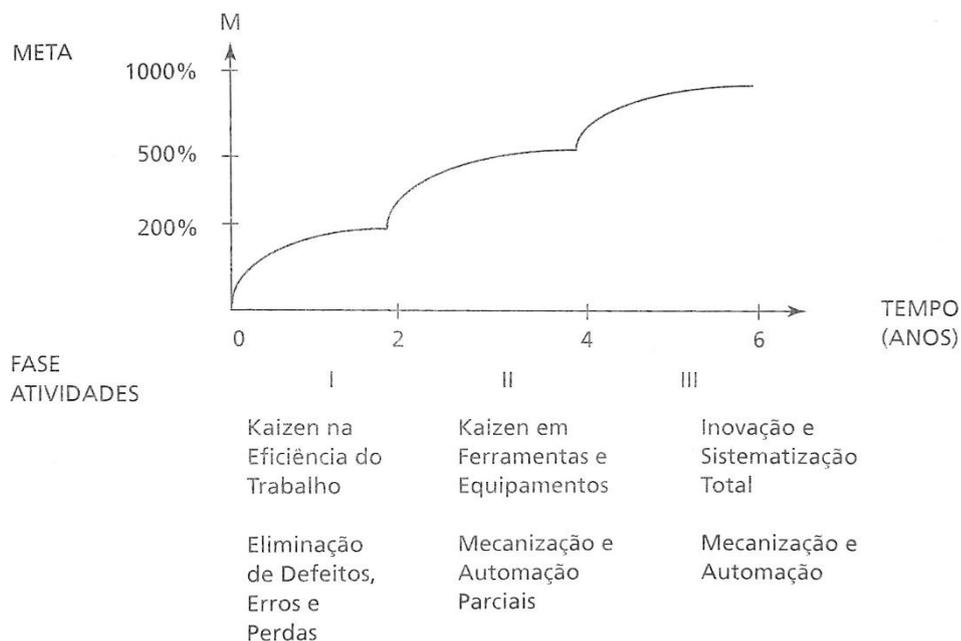
- Superprodução: Definida por produzir mais do que o solicitado pelo cliente no momento, resultando no aumento do estoque de produtos acabados;
- Espera: Ociosidade humana ou de equipamentos, ocasionada por atrasos ou falta de disponibilidade de outros recursos;
- Transporte: Movimentação desnecessária de pessoas, materiais, ferramentas ou equipamentos;
- Excesso de processamento: Esforços realizados por homens ou máquinas que não agregam valor ao produto final, do ponto de vista do cliente;
- Estoques: Mais matérias-primas, insumos ou produtos prontos do que o necessário para atender o cliente, gerando custos para a empresa;
- Movimentação: Excesso de movimentos físicos do operador ao executar uma tarefa;
- Fabricação de peças com defeito: Trabalho que contém não conformidades, resultando na má qualidade do produto e gerando retrabalhos.

2.1.5 Kaizen

Kaizen é uma palavra japonesa que significa “mudança para melhor”, ou simplesmente “melhoria”. O *kaizen* incentiva a definir padrões mais altos de desempenho; novas metas em termos de satisfação do cliente, vendas e lucro. Busca um melhoramento progressivo (FULLMANN, 2009).

A disciplina do *kaizen* envolve estar presente onde o trabalho é realizado e fazer rápidas melhorias práticas. Para este desenvolvimento contínuo, é necessário que as pessoas envolvidas nunca estejam satisfeitas com as coisas como elas são, ou seja, o *kaizen* precisa ser entendido como uma mentalidade. Para Fullmann (2009), a melhoria de produtividade projetada no tempo, mostrada no gráfico abaixo, mostra incrementos excepcionais, mas pode levar até seis anos para atingir sua plenitude.

Quadro 1: Melhoria de Produtividade. Fonte: Fullmann, 2009.



2.1.6 5S

Os conceitos de 5S constituem uma forma de organizar o local de trabalho para mantê-lo limpo e arrumado, em condições de saúde e higiene, com bom senso, considerados necessários para realizar um trabalho de qualidade (FULLMANN, 2009).

5S representa cinco palavras japonesas que começam com a letra S. Sendo cada S um ponto a ser trabalhado:

- Seiri: Senso de Utilização;
- Seiton: Senso de Organização;
- Seiso: Senso de Limpeza;
- Seiketsu: Senso de Saúde e Higiene;
- Shitsuke: Senso de Autodisciplina.

2.1.7 Setup

Segundo Fullmann (2009), *set up* significa preparar, montar, ajustar, desmontar e montar, ou seja, trocar ferramenta. A troca de ferramenta é a conversão de uma máquina ou linha que está produzindo um produto para produzir outro. O tempo de *setup* é definido como o tempo entre

a última unidade produzida em um lote e a primeira unidade produzida no lote seguinte, após a troca. A redução do tempo deste processo traz ganhos enormes para a produtividade, devido ao aumento do tempo que é destinado à produção, gerando assim mais resultado com menos esforço.

No Sistema Toyota de Produção, o tamanho dos lotes são diminuídos e o fluxo contínuo de um item em grande quantidade é evitado. O sistema trabalha com a premissa de eliminar totalmente a superprodução gerada pelo inventário e custos relacionados a operadores, propriedade e instalações necessárias à gestão do inventário, por isso carrega o slogan “produção em pequenos lotes e troca rápida de ferramentas” (OHNO, 1997).

Fullmann (2009) caracteriza o método de troca de ferramentas em seis passos:

- Preparação: Assegurar-se que todas as ferramentas funcionam adequadamente e estão em locais corretos;
- Extração: Remover a ferramenta, a matéria-prima e equipamentos-suporte, após finalização do lote;
- Montagem: Colocar nova ferramenta, equipamentos-suporte e matéria-prima, antes do próximo lote;
- Ajustes dos controles: Ajustar todos os controles dos processos estabelecidos, antes de rodar a produção;
- Primeira rodada: Incluir os ajustes exigidos para a capacidade após produzida a primeira prova de peças;
- Melhoria do *setup*: Otimizar o tempo, após produção, dedicado à limpeza da máquina e da ferramenta, sua identificação e teste de funcionalidade antes de armazená-la, deixando-a em perfeito estado para a próxima utilização.

2.1.7.1 SMED

O SMED (*Single Minute Exchange Die*) pode ser traduzido como Sistema de Troca Rápida de Ferramentas. Este conceito tem o objetivo de melhorar os métodos e reduzir os tempos destinados aos *setups*, através da conversão do trabalho de *setup* interno (executado enquanto a máquina está parada) para *setup* externo (executado enquanto a máquina ainda está operando).

Fullmann (2009) sintetiza este método em cinco passos:

- Observar e registrar: Acompanhamento e cronometragem dos processos de *setup*, com a sua decomposição em etapas e registro de cada atividade realizada;
- Separar atividades internas (que somente podem ser realizadas com a máquina parada) das externas (que podem ser realizadas externamente, enquanto a máquina está operando);
- Converter o máximo de atividades internas para externas: Estudo de cada atividade interna, analisando se ela poderia ser externa e quais as necessidades para que essas alterações ocorram;
- Ordenar todas as atividades: Análise de possíveis melhorias de cada atividade registrada;
- Documentar os procedimentos internos e externos: Redigir os novos procedimentos, visando a padronização do processo melhorado.

3 METODOLOGIA

Este trabalho se trata de um estudo de caso aplicado, onde serão realizados estudos de *layout*, aplicação dos conceitos de SMED e outras ferramentas do *Lean Manufacturing* para a eliminação de desperdícios no fluxo de materiais no chão de fábrica e nos processos de *setup*.

A etapa do fluxo de materiais abrangida por este trabalho vai do início do processo produtivo, na Serra, até a chegada dos componentes nas células de Montagem, pois é neste momento em que os componentes se agrupam em grandes lotes que são transportados de uma célula para outra. Este estudo consistiu da análise do Mapeamento de Rota dos componentes produzidos e da utilização do Diagrama de Espaguete, ferramenta que traz a visualização do caminho percorrido pelo produto sobre o *layout* da fábrica.

Para definir um novo sequenciamento de operações, foi realizada uma análise do *layout* do chão de fábrica. O estudo do novo *layout* reuniu os operadores e o supervisor do setor em um *brainstorm*, para reunir propostas e chegar a um resultado que otimize e auxilie na padronização do processo.

A célula que produz Acessórios tem sido um limitante de produtividade e através de dados informados pelos próprios operadores foi possível concluir que o maior fator que causa desperdícios na célula são os processos de *setup*. Conhecendo-se então a atual condição desta

célula e sua baixa produtividade, foi realizada a cronoanálise de alguns processos de *setup*, para identificar-se os desperdícios e realizar a aplicação dos conceitos do SMED, com o objetivo de facilitar e tornar mais rápido o processo de troca de ferramentas, aumentando a capacidade produtiva da célula.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Apresentação da empresa

A empresa está localizada no norte do estado do Paraná, existe desde 2008 e está entre as principais fabricantes de cilindros hidráulicos do sul do país. É especializada na fabricação de cilindros hidráulicos telescópicos, cilindros de simples e dupla ação, todos seguindo as especificações passadas pelo cliente, contando com mais de 1000 projetos já executados.

A empresa tem como lema “Qualidade e segurança você encontra aqui”, para expor a grande preocupação e trabalho que tem realizado com o foco na qualidade de seus produtos, que são destinados para aplicações em equipamentos utilizados nos setores Agrícola, Canavieiro, Rodoviário e de Movimentação de cargas em geral.

4.1.1 Apresentação do produto

O cilindro hidráulico (Figuras 1 e 2) é um equipamento que tem por função transformar energia hidráulica em energia mecânica, estendendo-se e retraindo-se através da pressão do líquido hidráulico. Através deste movimento, o cilindro é capaz de aplicar uma grande força em um percurso linear, podendo elevar grandes cargas, estando instalado nos mais diversos tipos de máquinas, como por exemplo, em prensas, plataformas móveis, equipamentos agrícolas, guindastes etc.

O cilindro funciona fixado através dos olhais de suas extremidades no equipamento que irá atuar. O óleo hidráulico é injetado pelo equipamento por uma mangueira em uma das conexões, criando em um dos lados uma pressão interna que desloca o êmbolo através da camisa, carregando a haste, fazendo com que o cilindro abra. Quando o líquido é injetado na outra conexão ocorre-se o mesmo procedimento, fazendo com que o cilindro feche.



Figura 1: Vista 3D de um cilindro hidráulico fechado



Figura 2: Vista 3D interna de um cilindro hidráulico, através de corte transversal

4.2 Descrição do processo

Observando-se todas as etapas do processo produtivo, do desenvolvimento à expedição dos produtos, tem-se o seguinte macro processo:

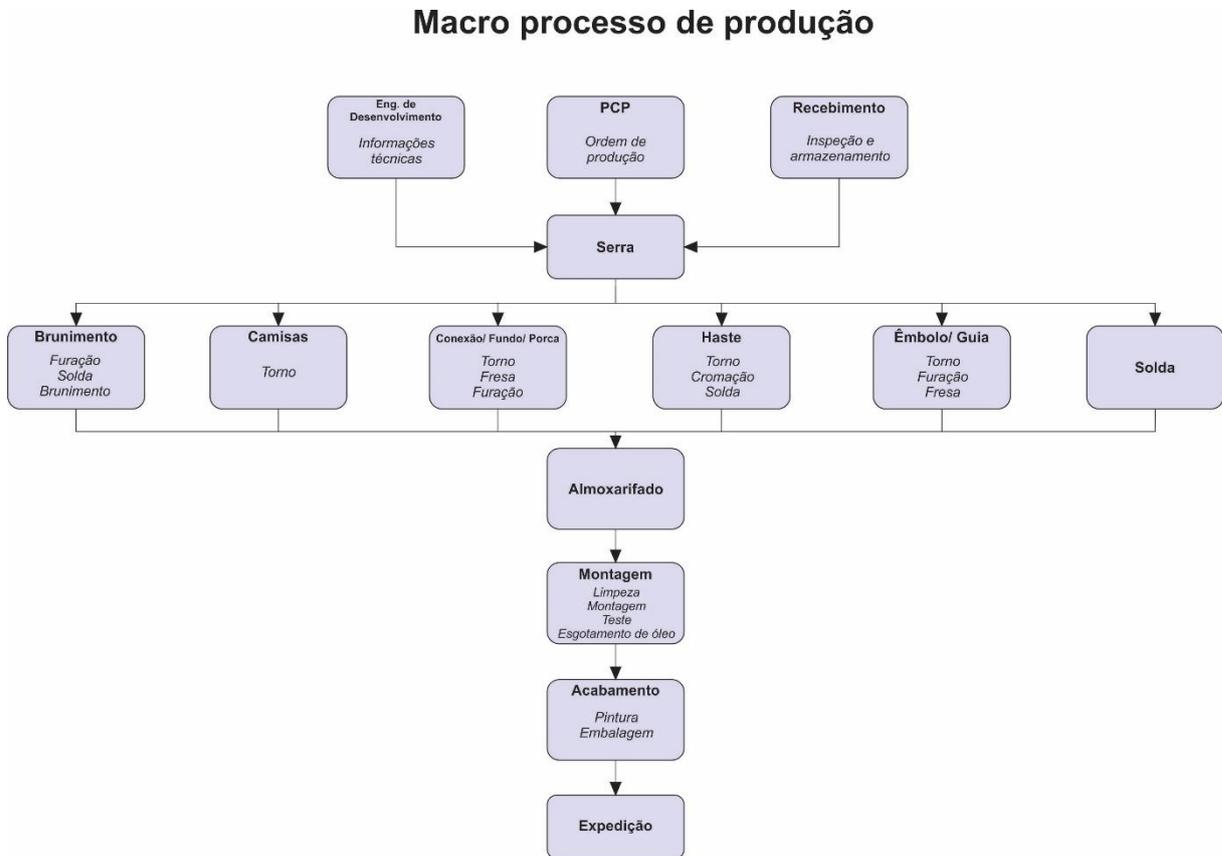


Figura 3: Representação dos setores envolvidos na produção

A seguir, encontram-se as descrições dos setores envolvidos no processo. A localização física dos setores produtivos está ilustrada na Figura 4.

- **Eng. de Desenvolvimento**

Desenvolve os cilindros de acordo com as especificações passadas pelos clientes e gera uma lista de corte, com as medidas de cada componente da peça, que é passada para a serra.

- **PCP**

Gera o plano de produção, com as quantidades a serem produzidas de cada item, passa essa lista para a serra e controla a entrada desses itens nas outras células, de forma que todas estejam alinhadas na produção do mesmo modelo.

- **Recebimento**

Recebimento, inspeção e armazenamento de matéria-prima (tubos e barras).

- **Serra**

Célula formada por duas serras, responsável pelo corte da matéria-prima e sua separação em lotes que posteriormente serão cada componente do cilindro hidráulico.

- **Camisa**

O processo se inicia com a preparação da camisa com o chanfro, rebaixo e a rosca interna ou externa, e é seguido da solda do fundo da camisa.

- **Brunimento**

Célula onde é realizada a furação e solda das conexões, seguida do brunimento horizontal da camisa.

- **Conexão/ Fundo/ Porca/ Olhal**

Célula onde são usinadas as conexões, responsáveis pela entrada e saída de óleo do cilindro; os fundos, que tampam o cilindro; as porcas, item que veda a camisa mantendo os componentes internos em segurança; e os olhais, que são soldados nas extremidades das camisas, para que o cliente realize a fixação do cilindro na máquina onde será utilizado.

- **Haste**

Célula onde é realizada a usinagem do chanfro e da rosca das hastes, que é o item que forma o curso do cilindro.

- **Êmbolo/ Guia**

Célula onde são usinados os êmbolos, item que vai fixado na haste e é responsável pelo deslocamento do óleo, abrindo e fechando o cilindro, e os guias, que mantêm a haste em seu mesmo eixo.

- **Solda**

Célula onde é realizada a solda circunferencial do fundo na camisa e dos olhais, na haste e no fundo.

- **Almoxarifado**

Localizado no centro do chão de fábrica, armazena os componentes usinados que não foram montados no dia e os componentes externos, como porcas e reparos.

- **Montagem**

Realizada a montagem dos reparos (as vedações) no êmbolo e em seguida a montagem de todo o cilindro, que envolve o encaixe da haste na camisa e o fechamento completo da peça.

Nesta célula ainda é realizado o teste de todos os cilindros. No teste o cilindro é submetido à pressão do óleo, sendo aberto e fechado algumas vezes, para identificar possíveis vazamentos. Em seguida é realizado o esgotamento do óleo que resta no cilindro após este ter sido testado.

- **Acabamento**

Após o teste e esgotamento, os cilindros passam pelo processo de pintura e secagem, e em seguida são identificados, conferidos e embalados em plástico bolha.

- **Expedição**

Fim do processo, quando os pedidos são separados em pallets para o envio aos clientes.

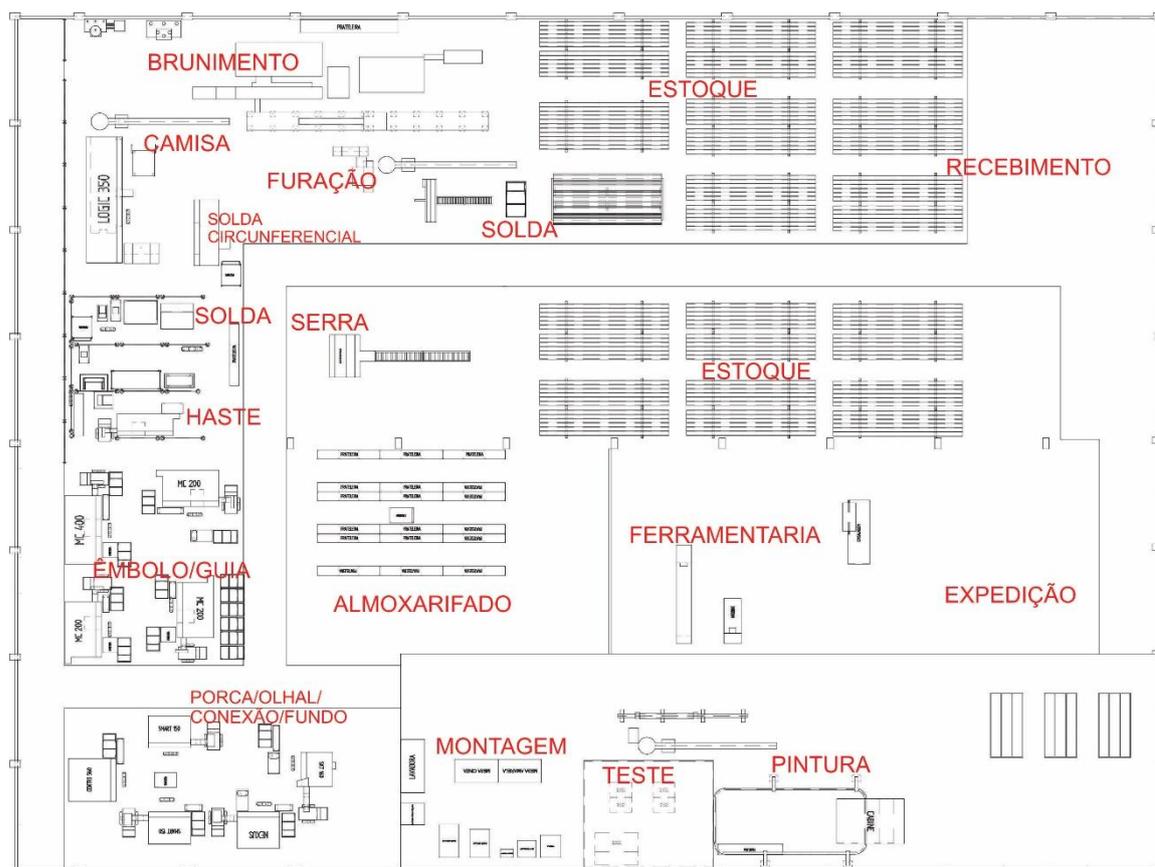


Figura 4: Chão de fábrica

4.2.1 Problemas de *Setup*

A célula de Acessórios (responsável pela usinagem de pocas, olhais, conexões e fundos) é a responsável principalmente pela produção de olhais, fundos, porcas e também de outros itens especiais. Estes são soldados na camisa assim que esta foi usinada, para que em seguida esta camisa pronta seja enviada para a Montagem. Desta forma, a produção da célula de Acessórios é puxada pela Solda, que necessita de todas as peças disponíveis a tempo para que seja atingida a meta de 100 cilindros/dia.

Nos últimos meses, com esse aumento da meta diária, percebeu-se a cada dia que a célula de Acessórios se tornou um gargalo, não conseguindo produzir o suficiente para o atingimento da meta, refletindo em paradas no setor de Solda. Por alguns dias, foi necessário a adição de um segundo turno nesta célula para que fosse possível manter altos níveis de produção.

A baixa eficiência da célula de Acessórios confirmou-se ao observar-se o sistema de Diário de Bordo, no qual o operador de cada máquina informa a quantidade de peças produzidas e os tempos de máquina parada a uma planilha, disponível individualmente para cada posto de trabalho. Os resultados da primeira semana de Outubro de 2016 estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2: Diários de Bordo no início do mês de Outubro

TO 007		
Produção Diária		Tempo Médio de <i>Setups</i>
04/10/2016	133	32,31 min
05/10/2016	55	
06/10/2016	59	Eficiência da Máquina
07/10/2016	110	43%
10/10/2016	108	
	465	

TO 008		
Produção Diária		Tempo Médio de <i>Setups</i>
04/10/2016	150	21,4 min
05/10/2016	134	
06/10/2016	70	Eficiência da Máquina
07/10/2016	135	55%
10/10/2016	96	
	585	

TO 009		
Produção Diária		Tempo Médio de <i>Setups</i>
04/10/2016	111	24,05 min
05/10/2016	53	
06/10/2016	104	Eficiência da Máquina
07/10/2016	111	58%
10/10/2016	78	
	457	

Nestes relatórios observou-se que o maior motivo de paradas de máquina na célula são os *setups*, que tem durado de 10min a 55min, mantendo uma média de 28min/*setup*. Como é esperado pela gerência da Produção que a fábrica mantenha uma eficiência média de 85% da jornada de trabalho, então:

518min (jornada de trabalho completa) x 15% = 77,7min (tempo diário máximo disponível para operações que não agregam valor ao produto);

Considerando a média de 6 *setups* diários por máquina na célula em questão:

$77,7\text{min} / 6 = 13\text{min}$ (tempo máximo disponível para cada *setup*).

Portanto, no início do mês de Outubro foi dado início a um evento *Kaizen*, com o objetivo de reduzir os tempos de *setup*, para alcançar uma maior eficiência na célula de Acessórios.

4.2.2 Problemas de Movimentação e Transporte

4.2.2.1 Movimentação Geral

O transporte de peças cortadas da serra até as células de usinagem e entre a solda e a usinagem foi por muito tempo um incômodo para a produtividade. Algumas ações que serão apresentadas a seguir foram realizadas e trouxeram benefícios para a produção e outras são propostas que ainda serão aplicadas. A longa distância entre os estoques de peças cortadas e a usinagem, e o transporte de camisas entre as células geravam um grande desperdício, pois exigia-se tempo e esforço para localizar, manusear e transportar lotes pesados, muitas vezes enquanto as máquinas estavam paradas. A seguir são descritos os principais problemas de movimentação identificados.

- Estoques de peças cortadas

A serra funciona sempre cerca de um dia à frente dos próximos processos e, portanto, mantém-se constantemente um estoque de peças cortadas. Apesar de não ser vantajoso ter-se um estoque grande entre os processos, é importante a existência desta pequena vantagem da célula de corte para evitar que possíveis falhas façam a produção parar. Os lotes cortados são alocados em caixas (em raras vezes são necessárias mais de uma caixa por lote) e estas caixas são sempre alocadas sobre pallets.

- Peças em processo

Uma vez que os lotes de peças são usinados e se iniciam os processos de solda, furação e brunimento, eles necessitam ser carregados para as máquinas onde serão realizadas cada uma das operações. Portanto é necessário reduzir ao máximo a necessidade de transporte dessas peças, que exigem muita movimentação e cuidados no manuseio durante este transporte.

4.2.2.2 Célula de Solda de Hastes

Durante a tomada de tempos de solda em alguns modelos de hastes e olhais, notou-se o excesso de movimentação do operador devido ao *layout* da célula. Com um estudo de *layout*

foi possível reposicionar os componentes da célula sem nenhum custo de forma a otimizar o fluxo de peças e melhorar a eficiência.

4.2.3 Desperdício de Óleo

Após a montagem do cilindro, as peças passam pelo teste de estanqueidade, ou seja, uma verificação de que não há vazamentos, que comprometem a qualidade e funcionamento do produto. Neste teste é possível garantir que o conjunto de vedações montado no cilindro está em perfeitas condições e que este está isento de furos ou porosidades nas soldas.

O teste consiste em fixar a peça a ser testada em uma bancada e simular seu funcionamento através de inserção do óleo hidráulico à alta pressão, abrindo e fechando a peça e observando todas as possibilidades de vazamentos.

A dificuldade encontrada no processo de teste era a sobra de óleo hidráulico nos cilindros após a finalização de cada teste. Isso acontecia pois, quando o cilindro se fecha e o óleo é removido, existe uma cavidade entre o fundo e êmbolo que possibilita que uma pequena quantidade de óleo permaneça na peça.

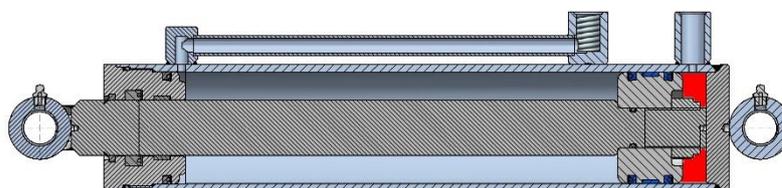


Figura 5: Cilindro fechado com destaque na região onde o óleo fica alojado

A solução para a retirada parcial deste óleo das peças era retirar o cilindro da bancada de testes e posicioná-lo em seguida sobre uma segunda bancada, com suas conexões viradas para baixo, de forma que o óleo pudesse escoar para fora com a força gravitacional. Este processo era demorado e ineficiente, removendo apenas uma pequena quantidade do óleo.

Esta dificuldade afetava os processos seguintes, pois, além do desperdício desta quantidade de óleo que não poderia ser reutilizada no teste, as peças continuavam em lento e constante escoamento de óleo pelas conexões, que tornava o ambiente escorregadio ao cair no chão, dificultava o processo de pintura e a qualidade da mesma, pois a tinta não tem aderência na

região onde o óleo sujou a peça, e afetava o resultado final da peça embalada, pois continuava a escorrer aos poucos dentro da embalagem de plástico, refletindo ainda na satisfação do cliente.

Devido a este grande desperdício de óleo e de complicações nos processos seguintes gerados pela falta de esgotamento, foi necessária a realização de um estudo e desenvolvimento de um novo método de escoamento pós-teste.

4.3 Melhoria do *setup*

A célula conta com três tornos Mazak, nos quais foi observada baixa eficiência devido ao elevado tempo de *setup*, e um torno SKT de alimentação automática. A equipe conta com três operadores, sendo que dois têm conhecimento para a realização de *setups*. Dois dos operadores eram focados nas máquinas TO-007 e TO-008 e o terceiro era focado na máquina TO-009 e no SKT.

A análise dos *setups* foi realizada através da observação e cronoálise de suas etapas, para que fosse possível desenvolver as propostas de melhoria, através dos conceitos apresentados, resultando na redução dos tempos.

4.3.1 Observação de tempos

A ficha de observação utilizada apresenta cada operação do *setup*, seguida de seu tempo total isolado e da somatória do *setup* completo até o momento, sendo possível conhecer quanto tempo é utilizado em cada uma das atividades exercidas pelo operador durante o *setup* e qual é o tempo total do processo.

Após a observação dos tempos, foi realizada a análise de cada uma das atividades realizadas durante o *setup* e montada a simulação do novo tempo, considerando uma possível realização das melhorias que serão explicadas no tópico seguinte. Nas fichas a seguir, constam os tempos reais observados nas tabelas em branco e as simulações dos mesmos processos nas tabelas destacadas em cinza. Os *setups* observados estão registrados no Quadro 3 até o Quadro 10.

Quadro 3: Setup observado 1

Tempos de Setup										
Item: Bucha 3.1/2"x1.3/4"		Operador: Wanderson			Objetivo: Análise do <i>setup</i> e aplicação da troca rápida de ferramentas.					
Máquina: TO-007		Data: 06/09/16			Possibilidade de redução: 06:25					
Setup Observado					Setup Proposto					
Operação	Etapa	Tempo	Observação	Tipo	Operação	Etapa	Tempo	Observação	Proposta	
1	Localização e movimentação do lote a ser usinado	03:30	Dificuldade na localização do lote	Interna	1	Localização e movimentação do lote a ser usinado	03:30	Movimentador	Externa	
2	Troca das castanhas	03:35	Localização imediata	Interna	2	Troca das castanhas	02:05	1'30" de troca de porcas T (externa)	Interna	
3	Localização do desenho	00:20		Interna	3	Localização do desenho	00:20	Durante o lote anterior	Externa	
4	Localização e revisão do programa	01:05		Interna	4	Localização e revisão do programa	01:05	Durante o lote anterior	Externa	
5	Localização do início da peça	00:20		Interna	5	Localização do início da peça	00:20		Interna	
6	Usinagem da primeira peça + Ajustes necessários	02:00	Não foi necessário a troca de ferramentas	Interna	6	Usinagem da primeira peça + Ajustes necessários	02:00		Interna	
Tempo Total:		10:50				Novo Tempo:		04:25		

Quadro 4: Setup observado 2

Tempos de Setup										
Item: Fundo 3" Oliveira		Operador: Jacson		Objetivo: Análise do <i>setup</i> e aplicação da troca rápida de ferramentas.						
Máquina: TO-009		Data: 02/09/16		Possibilidade de redução: 31:40						
Setup Observado					Setup Proposto					
Operação	Etapa	Tempo	Observação	Tipo	Operação	Etapa	Tempo	Observação	Proposta	
1	Localização do lote a ser usinado	12:00		Interna	1	Localização do lote a ser usinado	12:00	Movimentador	Externa	
2	Transporte do material	02:00		Interna	2	Transporte do material	02:00	Movimentador	Externa	
3	Procura das castanhas	02:00		Interna	3	Procura das castanhas	02:00	Durante o lote anterior / Facilitada pelos códigos	Externa	
4	Troca das castanhas	08:50		Interna	4	Troca das castanhas	07:20	1'30" de troca de porcas T (externa)	Interna	
5	Criação do programa	14:10	Peça nova	Interna	5	Criação do programa	14:10	Pronto ao iniciar o lote	Externa	
6	Localização do início da peça	01:00		Interna	6	Localização do início da peça	01:00		Interna	
7	Usinagem da primeira peça + Ajustes no programa	02:20		Interna	7	Usinagem da primeira peça + Ajustes no programa	02:20		Interna	
Tempo Total:		42:20				Novo Tempo:		10:40		

Quadro 5: Setup observado 3

Tempos de Setup										
Item: Bucha da haste 2.1/2"			Operador: Jacson		Objetivo: Análise do <i>setup</i> e aplicação da troca rápida de ferramentas.					
Máquina: TO-009			Data: 08/09/16		Possibilidade de redução: 16:40					
Setup Observado					Setup Proposto					
Operação	Etapa	Tempo	Observação	Tipo	Operação	Etapa	Tempo	Observação	Proposta	
1	Troca das castanhas	05:30	Já estavam separadas na bancada	Interna	1	Troca das castanhas	04:00	Localização rápida pós identificação / 1'30" porcas T	Interna	
2	Troca da ferramenta 1: TMAX	05:00	Inclui busca pelas novas ferramentas	Interna	2	Troca da ferramenta 1: TMAX	05:00	Localização rápida pós 5S	Interna	
3	Troca da ferramenta 2: Rosca	03:40		Interna	3	Troca da ferramenta 2: Rosca	03:40		Interna	
4	Revisão do programa e alterações necessárias	15:10		Interna	4	Revisão do programa e alterações necessárias	15:10	Deve não ser necessária	Externa	
5	Localização do início da peça	00:40		Interna	5	Localização do início da peça	00:40		Interna	
6	Presset das ferramentas e 1ª peça	12:00		Interna	6	Presset das ferramentas e 1ª peça	12:00		Interna	
Tempo Total:		42:00				Novo Tempo:		25:20		

Quadro 6: Setup observado 4

Tempos de Setup									
Item: Batente da haste M42		Operador: Wanderson			Objetivo: Análise do <i>setup</i> e aplicação da troca rápida de ferramentas.				
Máquina: TO-007		Data: 01/09/16			Possibilidade de redução: 08:00				
Setup Observado					Setup Proposto				
Operação	Etapa	Tempo	Observação	Tipo	Operação	Etapa	Tempo	Observação	Proposta
1	Localização e movimentação do lote a ser usinado	02:30	Dificuldade em encontrar o lote a ser usinado	Interna	1	Localização e movimentação do lote a ser usinado	02:30	Movimentador	Externa
2	Localização do desenho na rede	01:00		Interna	2	Localização do desenho na rede	01:00		Externa
3	Troca das castanhas	05:00	E localização	Interna	3	Troca das castanhas	03:30	Localização facilitada pela identificação / 1'30" porcas T	Interna
4	Revisão do programa e alterações necessárias	03:00		Interna	4	Revisão do programa e alterações necessárias	03:00		Externa
5	Troca da ferramenta TMAX	05:30		Interna	5	Troca da ferramenta TMAX	05:30		Interna
6	Localização do início da peça	01:00		Interna	6	Localização do início da peça	01:00		Interna
7	Presset da ferramenta TMAX	04:20	E ajustes no programa	Interna	7	Presset da ferramenta TMAX	04:20	Reduzir o tempo acabando com os ajustes	Interna
8	Troca de pastilha da ferramenta interna	01:40		Interna	8	Troca de pastilha da ferramenta interna	01:40		Interna

9	Ferramenta interna: terceira operação	01:00		Interna	9	Ferramenta interna: terceira operação	01:00		Interna	
10	Troca da ferramenta de rosca	03:30	E ajustes no programa	Interna	10	Troca da ferramenta de rosca	03:30	Reduzir o tempo acabando com os ajustes	Interna	
11	Presset da ferramenta de rosca + finalização da primeira peça	01:30		Interna	11	Presset da ferramenta de rosca + finalização da primeira peça	01:30		Interna	
		Tempo Total:	30:00			Novo Tempo:		22:00		

Quadro 7: Setup observado 5

Tempos de Setup										
Item: Olhal da Haste 1571		Operador: Boggo		Objetivo: Análise do <i>setup</i> e aplicação da troca rápida de ferramentas.						
Máquina: TO-007		Data: 27/09/16		Possibilidade de redução: 07:30						
Setup Observado					Setup Proposto					
Operação	Etapa	Tempo	Observação	Tipo	Operação	Etapa	Tempo	Observação	Proposta	
1	Localização do lote	00:50		Interna	1	Localização do lote	00:50	Movimentador	Externa	
2	Localização das castanhas	00:50		Interna	2	Localização das castanhas	00:50	Durante o lote anterior	Externa	
3	Localização do programa	00:50		Interna	3	Localização do programa	00:50	Durante o lote anterior	Externa	
4	Alteração do programa	01:30	Posição das ferramentas	Interna	4	Alteração do programa	01:30	Não deve ser necessária	Externa	
5	Troca das castanhas	04:20		Interna	5	Troca das castanhas	02:50	1'30" troca de porcas T	Interna	
6	Localização do início da peça	00:40		Interna	6	Localização do início da peça	00:40		Interna	
7	Alteração do programa	02:00	Mudanças necessárias	Interna	7	Alteração do programa	02:00	Não deve ser necessária	Externa	
8	Presset MTJ	00:30		Interna	8	Presset MTJ	00:30		Interna	
9	Presset broca	00:40		Interna	9	Presset broca	00:40		Interna	
10	Segundo lado MTJ	00:20		Interna	10	Segundo lado MTJ	00:20		Interna	
11	Presset S25	00:25		Interna	11	Presset S25	00:25		Interna	
Tempo Total:		12:55				Novo Tempo:		05:25		

Quadro 8: Setup observado 6

Tempos de Setup										
Item: Olhal da camisa Frota		Operador: Boggo		Objetivo: Análise do <i>setup</i> e aplicação da troca rápida de ferramentas.						
Máquina: TO-009		Data: 27/09/16		Possibilidade de redução: 07:05						
Setup Observado					Setup Proposto					
Operação	Etapa	Tempo	Observação	Tipo	Operação	Etapa	Tempo	Observação	Proposta	
1	Localização do programa	01:53	Castanhas já estavam na máquina	Interna	1	Localização do programa	01:53	Movimentador	Externa	
2	Ajustes no programa	01:47		Interna	2	Ajustes no programa	01:47	Movimentador	Externa	
3	Conferindo a posição das ferramentas e ajustando	02:07		Interna	3	Conferindo a posição das ferramentas e ajustando	02:07	Não deve ser necessária	Interna	
4	Localização do início da peça	00:49		Interna	4	Localização do início da peça	00:49	Não deve ser necessária	Interna	
5	Presset MTJ	00:44		Interna	5	Presset MTJ	00:44		Interna	
6	Presset broca	00:49		Interna	6	Presset broca	00:49	Não padronizadas	Interna	
7	Alteração do programa	03:25		Interna	7	Alteração do programa	05:08	2'30" de operações externas	Externa	
8	Segundo lado MTJ e broca	02:16		Interna	8	Segundo lado MTJ e broca	02:16		Interna	
9	Presset S20	00:41		Interna	9	Presset S20	00:41	Ajuste do recuo é necessário	Interna	
Tempo Total:		14:31				Novo Tempo:		07:26		

Quadro 9: Setup observado 7

Tempos de Setup									
Item: Olhal da haste Mirassol			Operador: Boggo		Objetivo: Análise do <i>setup</i> e aplicação da troca rápida de ferramentas.				
Máquina: TO-008			Data: 27/09/16		Possibilidade de redução: 10:19				
Setup Observado					Setup Proposto				
Operação	Etapa	Tempo	Observação	Tipo	Operação	Etapa	Tempo	Observação	Proposta
1	Procura do desenho	00:25		Interna	1	Procura do desenho	00:25	Movimentador	Externa
2	Localização do programa	00:30		Interna	2	Localização do programa	00:30	Movimentador	Externa
3	Ajustes no programa	03:31	Posição das peças	Interna	3	Ajustes no programa	03:31		Externa
4	Localização do início da peça	00:22		Interna	4	Localização do início da peça	00:22		Interna
5	Alterações no programa	05:00		Interna	5	Alterações no programa	05:00	Não deve ser necessária	Externa
6	Presset TMAX	03:47		Interna	6	Presset TMAX	03:47	Já deveriam estar padronizadas	Interna
7	Troca de pastilha	00:57		Interna	7	Troca de pastilha	00:57		Interna
8	Presset ferramenta W	01:15		Interna	8	Presset ferramenta W	01:15		Interna
9	Alterações no programa	00:53		Interna	9	Alterações no programa	00:53	Ajuste do recuo é necessário	Externa
10	Presset S20	00:14		Interna	10	Presset S20	00:14		Interna
11	Presset ferramenta de canal	00:36		Interna	11	Presset ferramenta de canal	00:36		Interna
12	Usinagem 2º lado	01:13		Interna	12	Usinagem 2º lado	01:13		Interna
		Tempo Total:	18:43			Novo Tempo:	08:24		

Quadro 10: Setup observado 8

Tempos de Setup										
Item: Fundo 4 est. 5" Lado 1		Operador: Wanderson		Objetivo: Análise do <i>setup</i> e aplicação da troca rápida de ferramentas.						
Máquina: TO-008		Data: 29/09/16		Possibilidade de redução: 15:12						
Setup Observado					Setup Proposto					
Operação	Etapa	Tempo	Observação	Tipo	Operação	Etapa	Tempo	Observação	Proposta	
1	Localização do lote	01:45		Interna	1	Localização do lote	01:45	Movimentador	Externa	
2	Transporte do lote	00:37		Interna	2	Transporte do lote	00:37	Movimentador	Externa	
3	Localização do desenho	01:23	Não encontrado	Interna	3	Localização do desenho	01:23		Externa	
4	Busca do desenho na Engenharia	06:09		Interna	4	Busca do desenho na Engenharia	06:09	Não deve ser necessária	Externa	
5	Localização do programa	01:11		Interna	5	Localização do programa	01:11		Externa	
6	Alterações no programa	01:37	Posições das ferramentas	Interna	6	Alterações no programa	01:37	Já deveriam estar padronizadas	Externa	
7	Troca das castanhas	07:38		Interna	7	Troca das castanhas	05:08	2'30" de operações externas	Interna	
8	Localização do início da peça	00:23		Interna	8	Localização do início da peça	00:23		Interna	
9	Ajustes no programa	01:37	Informando o recuo da máquina, que varia entre elas	Interna	9	Ajustes no programa	01:37	Ajuste do recuo é necessário	Interna	
10	Presset MTJ	05:10		Interna	10	Presset MTJ	05:10		Interna	
11	Presset Bedame 3mm	08:48	Programa lento	Interna	11	Presset Bedame 3mm	08:48		Interna	
Tempo Total:		36:18				Novo Tempo:		21:06		

4.3.2 Ações definidas para a redução do tempo de *setup*

Algumas ações foram tomadas para a busca da melhoria da eficiência na célula através do foco na redução do tempo de *setup*:

- **Padronizar as Famílias de Produtos x Máquina:**

Com o pensamento de sempre se poder iniciar a produção do lote necessário o quanto antes, com a primeira máquina que estivesse disponível, não existia qualquer padronização de Produto x Máquina, ou seja, qualquer tipo de acessório poderia ser produzido em qualquer um dos três tornos, contando que não houvessem limitações de tamanho.

Essa forma de trabalho gerava diversos desperdícios, pois na maioria das vezes era necessário trocar as ferramentas de usinagem e as chaves de aperto entre os tornos e realizar alterações no programa CNC em cada *setup* devido à posição de cada ferramenta, que variava de uma máquina para outra.

A padronização definiu quais tipos de acessórios serão usinados em cada torno, com o objetivo de fixar em cada um deles suas ferramentas específicas, reduzindo o número de trocas e evitando as alterações constantes nos programas CNC. Esta organização também permitiu separar as castanhas que serão utilizadas em cada um dos tornos e dedicá-las exclusivamente à sua máquina.

A padronização também considerou a demanda média diária de cada um dos componentes para buscar o balanceamento e qual máquina é a mais indicada para a usinagem de cada família de produtos, baseado no curso de cada máquina, ou seja, no comprimento da ferramenta que ela é capaz de usinar. A distribuição está apresentada no Quadro 11.

Quadro 11: Distribuição da produção por máquina

Máquina	Componente	Média Dia
TO-007	Fundo	100
	Fundo Olhal	2
	Flange Central	15
	Flange da Camisa / Guia	1
	Olhais Especias	5
	Bucha do Olhal Interno	1
	Bucha da Flange	15
TO-008	Olhal da Camisa / Haste	150
TO-009	Porca	50
	Pino da Flange	20
	Batente	30
	Bucha do Olhal	1
	Capa da Rótula	6
	Rótula	3
	Luva de Aperto	1
	Anel Trava	1
	Orelha	26
	Calço Hidráulico	1

A média diária utilizada nesta tabela é baseada na necessidade média mensal de cada um dos componentes. As máquinas TO-007 e TO-009 ficaram com uma média de 139 peças diárias, enquanto a TO-008 possui a média de 150 peças, porém necessita de uma quantidade menor de setups devido à diversidade menor de componentes usinados, mantendo assim o balanceamento do tempo disponível das máquinas.

- **Implementar a função de preparador de *setup* para a célula de Acessórios:**

Os *setups* eram iniciados somente quando a máquina acabava o lote anterior e tinham uma média de 25min. A média de *setups* realizados por dia é de 6 por máquina.

Uma das ações para a melhoria da eficiência na célula foi deslocar o operador com maior experiência em *setups* para a função de preparador, mantendo os outros dois com as funções de trocadores de peças, sendo o mais experiente deles responsável pela troca de peças das máquinas TO-007 e TO-008, simultaneamente.

A função do preparador é exclusivamente de, seguindo os conceitos do SMED, realizar os

setups separando-os em externo e interno, para que seu tempo seja reduzido conforme o previsto, e prever os recursos necessários para que as máquinas não parem devido ao deslocamento dos operadores.

- **Definir as atividades do Técnico de Processos voltadas à célula:**

O Técnico de Processos é o membro da Engenharia responsável pela criação dos programas CNC e alterações necessárias em programas antigos. Seu trabalho envolvia passar os programas de usinagem novos para a célula através de um cartão de memória, conforme eram desenvolvidos, de forma que fossem sempre armazenados na memória interna da máquina.

Devido à grande quantidade de produtos e à limitação de memória interna dos tornos, muitas vezes os operadores se deparavam com produtos muito antigos que não possuíam o programa salvo ou atualizado, pois os mesmos poderiam ser apagados ou alterados para dar lugar a novos produtos. Isso impactou por diversas vezes no tempo de *setup*, pois os operadores se deslocavam do seu posto de trabalho para solicitar um programa ao Técnico de Processos ou até mesmo desenvolviam os programas por conta própria, nos casos de operadores com o conhecimento necessário.

A nova descrição de atividades do Técnico de Processos envolve, além do desenvolvimento de todos os programas, a conferência com o PCP dos produtos que serão usinados ao longo da semana, para verificar a disponibilidade dos programas e deixar todos os arquivos disponíveis nos tornos, para facilitar a realização do *setup* pelo preparador.

- **Providenciar os recursos físicos para a facilitação dos *setups*:**

Para que o preparador possa trabalhar de forma mais organizada, foram desenvolvidas três prateleiras, sendo cada uma delas dedicada a armazenar as ferramentas e castanhas de um dos tornos. Todas as castanhas foram codificadas e identificadas com seus respectivos códigos, enquanto estes também estão registrados nos desenhos de cada peça, informando qual a castanha deve ser utilizada no processo, de forma a eliminar as atividades da procura pela castanha correta (Figura 6). Outro auxílio desenvolvido para o preparador foi um carrinho de *setup*, que é utilizado por ele para recolher todos os itens necessários nas prateleiras e realizar o *setup* externo do próximo lote a ser usinado.



Figura 6: Castanhas de usinagem gravadas e identificadas na prateleira

Para que a troca de castanhas fosse também realizada de forma externa durante o *setup*, foram adquiridos um conjunto extra de porcas “T” para cada máquina. Estas porcas são utilizadas para a fixação das castanhas na placa do torno e com um conjunto extra é possível realizar toda a preparação do conjunto de castanhas previamente e realizar apenas a troca no *setup* interno.

Outra ação foi a usinagem de buchas para ferramentas de usinagem (Figura 7). As buchas servem para reduzir o diâmetro do encaixe das ferramentas no torno (40mm) ao diâmetro de cada ferramenta, possibilitando a fixação das ferramentas na máquina. Como a quantidade de buchas anteriormente era limitada, era necessário remover as ferramentas das buchas em algumas trocas. Com a existência de uma bucha por ferramenta, todas as elas já se encontram no diâmetro exato para a fixação, eliminando uma operação no momento do *setup*.



Figura 7: Ferramenta de usinagem com bucha externa

Ainda sobre as buchas, foi notado que sua fixação nos VDIs (suporte das ferramentas no torno) era realizada com parafusos curtos do tipo allen sem cabeça, o que tornava os parafusos pouco visíveis e de difícil encaixe da chave de aperto. Portanto, parafusos longos do tipo allen com cabeça foram adquiridos e a fixação foi facilitada devido à maior exposição do parafuso no VDI, com a utilização de uma chave de aperto maior (Figuras 8 e 9).

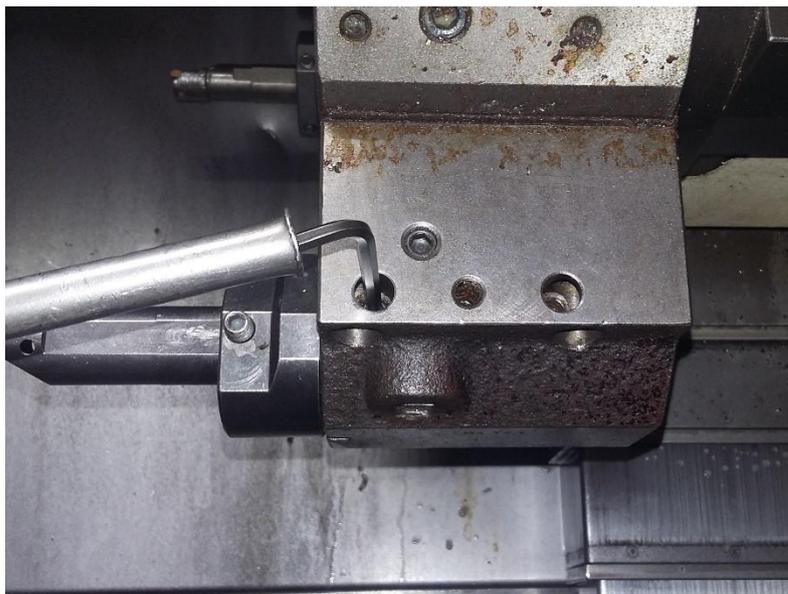


Figura 8: Aperto do parafuso antigo



Figura 9: Aperto do novo parafuso

4.3.3 Resultados

Após a aplicação de todos os conceitos apresentados acima, a célula passou por uma fase de adaptação de cerca de duas semanas e então novas observações de *setups* foram realizadas. É importante citar que, devido à grande variedade de produtos não foi possível realizar a tomada de tempos dos mesmos produtos que foram observados anteriormente, porém se *setups* observados nesta segunda etapa são similares e podem ser facilmente comparados através da separação de suas etapas.

Novamente, a observação e cronometragem refere-se ao tempo de máquina parada, que anteriormente era equivalente ao *setup* completo e agora somente ao chamado *setup* interno, não constando as operações que agora são externas.

A tabela apresentada abaixo é a mesma utilizada no momento da cronometragem. Ela apresenta as operações divididas por linhas, onde cada linha contém dois tempos, sendo o de cima o tempo total do processo até o momento, ou seja, a somatória de todas as operações que já ocorreram, e o de baixo o tempo da operação em questão. Desta forma é possível observar o tempo total do processo até cada uma das etapas e a duração específica de cada um destes processos. Seguem os exemplos observados:

Quadro 12: Setup observado 11

Ficha de Observação de Setups			
Item: Fundo camisa 6.½”		Operador: Wanderson	
Máquina: TO-007		Data: 21/10/16	
Operação	Etapas	Tempo	Observação
1	Troca das castanhas	2'50"	
		2'50"	
2	Localização do início da peça	3'40"	
		50"	
3	Presset da ferramenta MTJ + 1ª operação	5'12"	Ferramenta já estava na máquina
		1'32"	
4	Presset da broca de centro	5'30"	
		28"	
5	Usinagem do segundo lado com a ferramenta MTJ	8'50"	
		3'20"	
6	Inspeção	9'20"	
		30"	
		9'20"	

Quadro 14: *Setup* observado 12

Ficha de Observação de <i>Setups</i>			
Item: Olhal da haste 33x50,8x50		Operador: Wanderson	
Máquina: TO-007		Data: 25/10/16	
Operação	Etapa	Tempo	Observação
1	Troca das castanhas	3'	
		3'	
2	Localização do início da peça	3'45"	
		45"	
3	Presset da ferramenta MTJ + 1ª operação	5'06"	
		1'19"	
4	Presset da ferramenta TMAX 30	5'43"	
		37"	
5	Presset da ferramenta S20	7'08"	
		1'25"	
6	Virar a peça	7'20"	
		12"	
7	Usinagem do segundo lado	8'06"	
		46"	
8	Inspeção	8'31"	
		25"	
		8'31"	

Quadro 15: Setup observado 13

Ficha de Observação de Setups			
Item: Olhal da camisa 20,2x31,75x12,7		Operador: Wanderson	
Máquina: TO-008		Data: 28/10/16	
Operação	Etapa	Tempo	Observação
1	Troca das castanhas	2'47"	
		2'47"	
2	Revisão do programa	3'39"	Produto novo
		52"	
3	Troca da ferramenta TMAX	5'01"	
		1'22"	
4	Troca da ferramenta Bedame	6'49"	
		1'48"	
5	Troca da ferramenta S12	7'58"	
		1'09"	
6	Localização do início da peça	8'38"	
		40"	
7	Preset da ferramenta TMAX	10'30"	
		1'52"	
8	Preset da ferramenta S12	12'	
		1'30"	
9	Preset da ferramenta Bedame	13'10"	
		1'10"	
10	Usinagem da peça + Inspeção	15'48"	
		2'38"	
		15'48"	

Quadro 16: Setup observado 14

Ficha de Observação de Setups			
Item: Olhal da camisa Poli Duplo		Operador: Wanderson	
Máquina: TO-008		Data: 26/10/16	
Operação	Etapa	Tempo	Observação
1	Troca das castanhas	3'17"	
		3'17"	
2	Localização do início da peça	3'56"	
		39"	
3	Presset da ferramenta MTJ	5'05"	
		1'09"	
4	Troca da ferramenta TMAX	6'34"	
		1'29"	
5	Troca da ferramenta S25	7'58"	
		1'24"	
6	Troca da ferramenta Bedame 3mm	9'21"	
		1'23"	
7	Presset da ferramenta TMAX	10'44"	
		1'23"	
8	Presset da ferramenta S25	11'48"	
		1'04"	
9	Presset da ferramenta Bedame	12'20"	
		32"	
10	Usinagem da peça	15'14"	
		2'54"	
11	Segundo lado + Inspeção	20'12"	
		1'48"	
		20'12"	

Os resultados observados no Diário de Bordo da última semana de Novembro de 2016 foram os seguintes:

Quadro 17: Diários de Bordo ao final do mês de Novembro

TO 007		
Produção Diária		Tempo Médio de <i>Setups</i>
24/11/2016	122	15,86 min
25/11/2016	190	
28/11/2016	141	Eficiência da Máquina
29/11/2016	67	75%
30/11/2016	122	
	642	
TO 008		
Produção Diária		Tempo Médio de <i>Setups</i>
24/11/2016	82	17,76 min
25/11/2016	122	
28/11/2016	135	Eficiência da Máquina
29/11/2016	120	79%
30/11/2016	150	
	609	
TO 009		
Produção Diária		Tempo Médio de <i>Setups</i>
24/11/2016	104	16,74 min
25/11/2016	102	
28/11/2016	99	Eficiência da Máquina
29/11/2016	151	76%
30/11/2016	89	
	545	

4.4 Melhoria da Movimentação

4.4.1 Movimentação Geral

Para melhorar a movimentação de acordo com os problemas previamente descritos, foram tomadas as seguintes ações:

- Estoque de peças cortadas

Os pallets com os lotes de peças cortadas eram posicionados em frente à célula da serra, formando um grande estoque de peças em processo, facilitando o trabalho do operador da serra de alocar as caixas sobre os pallets. Quando este processo foi definido, a empresa contava com uma serra de fita horizontal, uma máquina de baixa produtividade, o que justificava a necessidade de facilitar todo o trabalho que era realizado pelo operador, para que fosse possível atender à demanda da produção. Ainda assim, era necessário um segundo turno de trabalho durante alguns dias da semana para que esta serra atendesse à necessidade.

O problema é que o estoque intermediário formado era muito grande e desorganizado, atrapalhando todas as células de usinagem, que tinham seus operadores deslocados até este estoque para procurar o lote a ser produzido e transportá-lo até os tornos, fazendo com que as máquinas ficassem paradas durante este tempo.



Figura 10: Estoque intermediário para peças cortadas

No início do ano de 2016 a empresa adquiriu e passou a utilizar uma serra de disco com comandos computadorizados, de alta capacidade, o que dispensou a necessidade do segundo turno de trabalho para o corte de peças, mas a produção ainda mantinha o grande estoque de peças em frente à nova serra, que continuava a ocupar um grande espaço e dificultar o acesso às demais células.

Para eliminar a procura pelos lotes e excesso de transporte que era realizado pelos operadores dos tornos foi decidido alterar o processo de transporte e estoque de peças em processo. Os

pallets que eram anteriormente localizados em frente à serra, foram distribuídos entre as células de Êmbolos e Guias, Acessórios e Hastes, formando assim um supermercado de peças para cada um dos setores clientes da serra. Desta forma, o novo processo implica que o operador da serra, após cortar o lote, leve a caixa de peças até o pallet específico na célula em que este lote será usinado, onde estará muito mais perto dos tornos e mais fácil de ser encontrado.



Figura 11: Estoque de peças cortadas dedicado exclusivamente à célula de êmbolos e guias

- Peças em processo

Para diminuir a necessidade de transporte de peças entre as operações foi realizada uma análise de todas as famílias de produtos e suas operações durante o processo produtivo, para definir possíveis alterações no *layout*. Para isso foi montado um Diagrama de Fluxo, agrupando as famílias de produtos com processos semelhantes e comparando as famílias à média de produção mensal de todas elas e da dificuldade de deslocamento destes produtos (fator definido baseando-se no tamanho, peso e manuseio das peças). Esta dificuldade de deslocamento foi representada no cálculo através de um fator estipulado entre 1, 3 ou 9.

Quadro 18: Diagrama Família x Operações

Diagrama Família x Operações																				Média de Produção Mensal (Jul./Ago.)	Fator de Dificuldade de Deslocamento	Importância										
Peças	Serra	Tomo Nardini	Tomo Centur	Furadeira	Charnidor	Brunidora Antiga	Brunidora Importada	Solda 1ª Conexão	Solda Circunferencial	Solda Haste	Solda Olhal na Camisa	Solda 2ª conexão e Componentes	Index MC 200	Index MC200	Index MC400	Mazak Protótipos	Mazak Olhais	Mazak Olhal e Fundo Olhal e Fundo Comum	Furadeira e Centro de Usinagem				Tomo Conv	Lixadeira	Corno							
Camisas com Flange	1	7	3	2			6	5	4	8			9										10	2974	9	26766,0						
Camisas 2"	1	6	3	2			5	4	7		8	9											10									
Camisas 2 1/2"	1	6	3	2			5	4	7		8	9											10									
Camisas 3"	1	6	3	2			5	4	7		8	9											10									
Camisas 3 1/2"	1	6	3	2			5	4	7		8	9											10									
Camisas 4"	1	6	3	2			5	4	7		8	9											10									
Camisas 4 1/2"	1	6	3	2			5	4	7		8	9											10									
Camisas 5"	1	6	3	2			5	4	7		8	9											10									
Camisas 6"	1	6	3	2			5	4	7		8	9											10									
Camisas 7"	1	6	3	2	5			4	7		8	9											10									
Camisas 7 1/2"	1	6	3	2	5			4	7		8	9											10									
Tubo Haste 1º estágio	1	2 - 6				4				3 - 5													7	2469	9	22221,0						
Tubo Haste 2º estágio	1	2 - 6				4				3 - 5													7									
Hastes 1/2"	1	2								4													5				3					
Hastes 5/8"	1	2								4													5				3					
Hastes 3/4"	1	2								4													5				3					
Hastes 20mm	1	2								4													5				3					
Hastes 7/8"	1	2								4													5				3					
Hastes 1"	1	2								4													5				3					
Hastes 1 1/8"	1	2								4													5				3					
Hastes 1 1/4"	1	2								4													5				3					
Hastes 1 1/2"	1	2								4													5				3					
Hastes 1 3/4"	1	2								4													5				3					
Hastes 2"	1	2								4													5				3					
Hastes 2 1/2"	1	2								4													5				3					
Hastes 3"	1	2								4													5				3					
Hastes 3 1/2"	1	2								4													5				3					
Embolo 32mm	1												2										3				3973	3	11919,0			
Embolo 40mm	1												2										3									
Embolo 2"	1												2										3									
Embolo 2 1/2"	1												2										3									
Embolo 3"	1												2										3									
Embolo 3 1/2"	1												2										3									
Embolo 4"	1												2										3									
Embolo 4 1/2"	1												2										3									
Embolo 5"	1												2										3									
Embolo 6"	1													2									3									
Embolo 7"	1														2								3									
Embolo 7 1/2"	1															2							3									
Guia 32mm sem rosca	1												2																			
Guia 32mm com rosca	1												2																			
Guia 40mm sem rosca	1												2																			
Guia 40mm com rosca	1												2							3												
Guia 2" sem rosca	1												2																			
Guia 2" com rosca	1												2							3												
Guia 2 1/2" sem rosca	1												2										3									
Guia 2 1/2" com rosca	1												2							3												
Guia 3" sem rosca	1												2										3									
Guia 3" com rosca	1												2							3												
Guia 3 1/2" sem rosca	1												2										3									
Guia 3 1/2" com rosca	1												2							3												
Guia 4" sem rosca	1													2									3									
Guia 4" com rosca	1													2						3												
Guia 4 1/2" sem rosca	1													2									3									
Guia 4 1/2" com rosca	1													2						3												
Guia 5"	1														2																	
Guia 5" com rosca	1														2					3												
Guia 6"	1														2																	
Guia 6" com rosca	1														2					3												
Guia 7"	1														2																	
Guia 7" com rosca	1														2					3												
Guia 7 1/2"	1														2																	
Fundo	1																	2						5402	1	5402,0						
Fundo olhal	1																	2			3											
Porca da Camisa	1																	2			3											
Olhal da Haste	1																		2		3											
Olhal da Camisa	1																		2		3											
Calço Hidraulico	1																		2													
Pino Articulação	1																		2													

O resultado das comparações foi um valor que reflete a importância de se trabalhar nos processos que envolvem cada grupo de produtos, com base na dificuldade de movimentação de cada um deles. O resultado está apresentado no Quadro 19.

Quadro 19: Resultado da análise do Diagrama de Famílias x Operações

Famílias	Importância	%
Camisas	26766,0	40,37%
Hastes	22221,0	33,51%
Guias / Êmb.	11919,0	17,98%
Acess.	5402,0	8,15%
	66308	

Com essa análise, foi possível observar que o grupo de camisas é o que mais impacta na produção com a movimentação entre as etapas de seu processo. A camisa é o tubo externo do cilindro e seu tamanho varia de 250mm a 3m, em média, podendo passar de 40kg, o que faz com que a distância seja uma dificuldade durante o processo. Após o resultado da análise, foi realizado um estudo e montada uma nova proposta de *layout*, para a eliminação de desperdícios com movimentação e transporte.

No *layout* representado na Figura 12 o fluxo atual de camisas, conforme o Diagrama de Fluxo que já foi apresentado. Nele é possível observar as distâncias percorridas pelas peças ao longo de todas as etapas do processo que antecedem a Montagem. Neste modelo existem três postos de trabalho onde são realizadas operações de soldagem, sendo um onde é soldada a primeira conexão, a solda circunferencial, onde é soldado o fundo da camisa, e a célula de solda dos demais acessórios (conforme descrito no Diagrama de Fluxo).

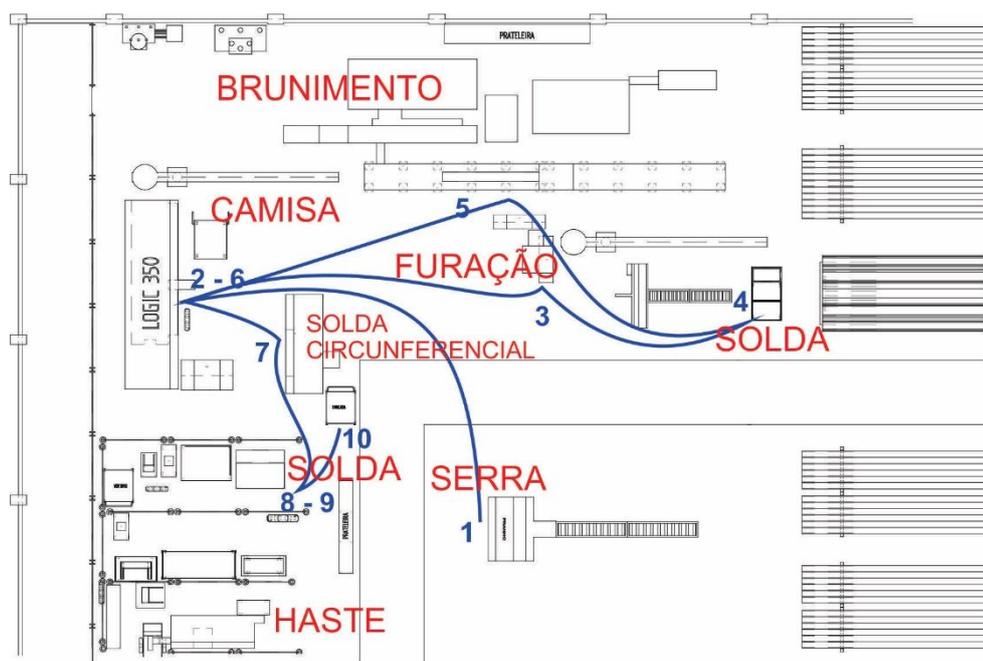


Figura 12: Diagrama de Espaguete - Processo atual

Considerando as limitações do processo, como a sequência de operações que deve ser mantida para que se mantenha a qualidade do produto e os custos com de movimentação de máquinas, como instalações elétricas e serviços terceirizados, e sabendo que as máquinas de solda e furação são mais simples de movimentar por serem menores, chegou-se a uma nova proposta de *layout*.

O modelo proposto consistiu em ampliar a célula de solda de acessórios e inserir nesta a máquina de solda circunferencial, que pode ser controlada pelo mesmo operador da solda de acessórios, por ser uma máquina que necessita apenas da troca de peças. No novo *layout*, a solda da primeira conexão e a furadeira foram aproximadas do torno Logic 350, onde são realizadas inevitavelmente as operações 2 e 6. Desta forma, há uma redução da necessidade de movimentação e das distâncias a serem percorridas pelas peças entre as operações.

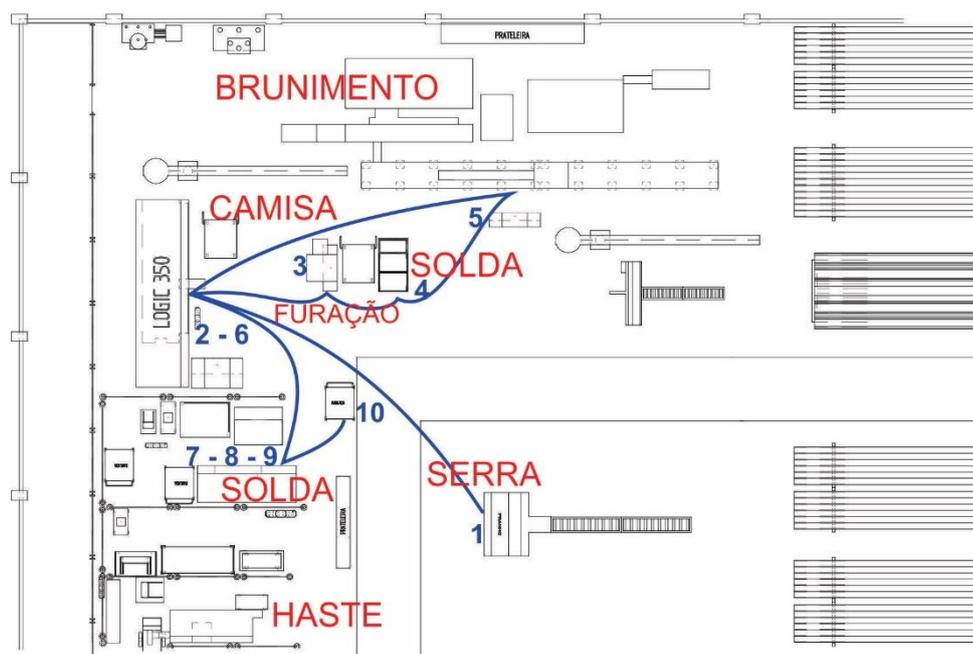


Figura 13: Diagrama de Espaguete - Proposta

4.4.2 Célula de Solda de Hastes

A necessidade de melhoria na célula de soldagem de hastes foi identificada a partir de tomadas de tempo dos processos realizados na célula. Esta célula conta com um operador, que realiza a soldagem dos olhais nas hastes.

O processo envolve, na seguinte ordem: 1) Ponteamento do olhal na haste, no dispositivo de alinhamento; 2) Soldagem do olhal na haste sobre a bancada; 3) Alocação da haste soldada na caixa de vermiculita (mineral em formato de pó, utilizado como isolante térmico, utilizada com o objetivo de reduzir o tempo de esfriamento da solda, que pode ser comprometida, se esfriar em temperatura ambiente). Após esta etapa, as peças são levadas pelo movimentador.

No Diagrama de Espaguete na Figura 14, é possível observar o excesso de movimentação e transporte de hastes realizados pelo operador durante a soldagem de cada haste, devido ao *layout* inapropriado da célula.

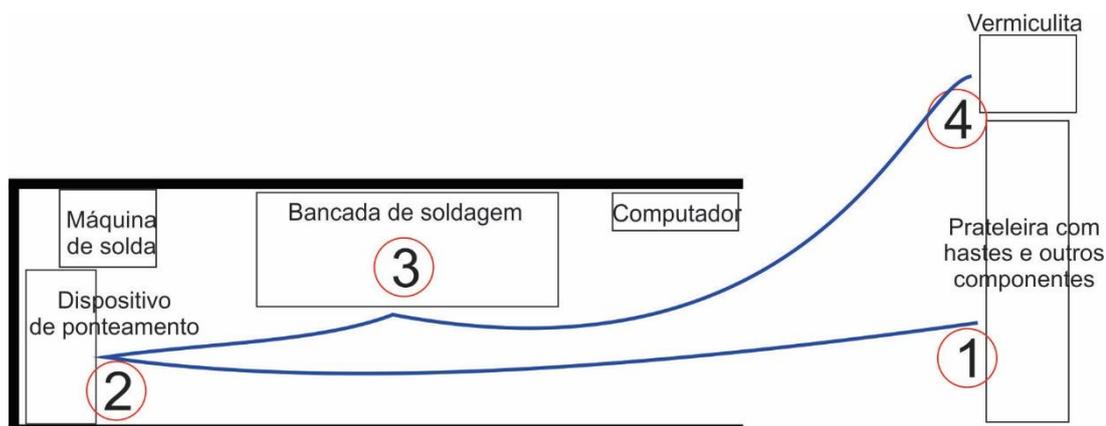


Figura 14: Diagrama de Espaguete - Solda de hastes

Neste processo o operador andava um total de 12 metros por haste soldada. O resultado da cronoanálise realizada no dia 19/07/2016, do modelo codificado como 025, apresentou o tempo de 1'32" por haste.

Após o estudo do *layout* e uma simples mudança no posicionamento da bancada de soldagem, do dispositivo de ponteamto, da caixa de vermiculita e da adição de uma nova estante exclusiva para hastes usinadas, o fluxo de operações passou a ser conforme o representado abaixo.

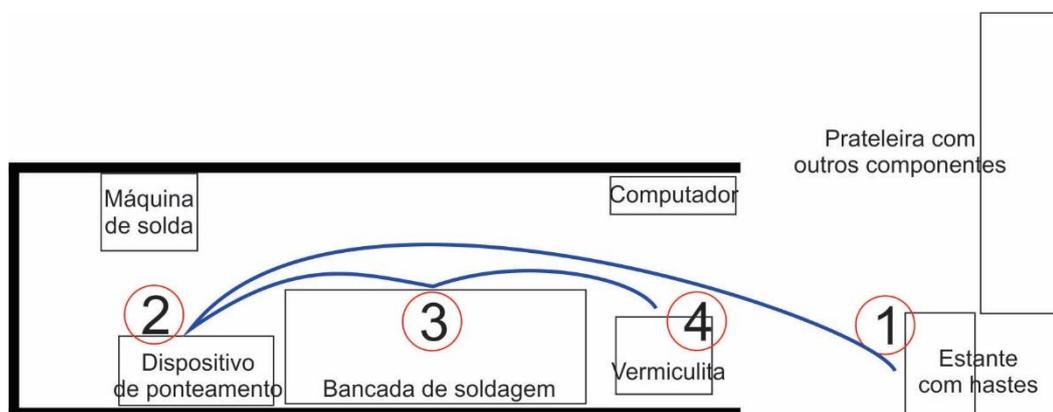


Figura 15: Diagrama de Espaguete - Solda de hastes

Como pode ser observado na Figura 15, o fluxo foi simplificado ao formato de linha e a soldagem foi favorecida devido ao posicionamento mais apropriado da máquina de solda (atrás do operador), que facilita o manuseio do equipamento. Neste processo o operador anda um total de 9 metros por haste soldada. Foi realizada a cronoanálise do mesmo modelo observado anteriormente (025) no dia 10/11/2016 e o tempo observado foi de 57" por haste.

Portanto, baseando-se na observação feita com base no modelo 025, notou-se um aumento de 38% na produtividade da célula em questão.

4.5 Reaproveitamento de Óleo

O esgotamento de óleo anteriormente se dava pelo escoamento do líquido para uma bancada coletora. Este processo era pouco eficiente pois o tempo de espera dos cilindros entre o teste e a pintura era mais curto que o necessário para que o óleo escoasse e por isso todas as peças seguiam sem serem esvaziadas por completo.

A solução foi a inserção de um processo de sucção de óleo dos cilindros junto ao processo de teste e é realizado pelo mesmo operador. Para tal, foi montado um dispositivo coletor de óleo, com um sistema de sucção que utiliza válvulas de Venturi para remover o óleo dos cilindros.

O efeito Venturi se dá em uma válvula que cria vácuo com o diferencial de pressão quando um fluido passa por sua extensão e este vácuo é usado para succionar produtos por uma entrada da válvula e injetá-los uniformemente por uma saída. Este tipo de válvula possui diversas aplicações, como por exemplo na aplicação de fertilizantes através da água de irrigação. No caso do dispositivo de coleta de óleo, o fluido utilizado é o ar comprimido, que é injetado pelo outro lado da válvula junto do óleo succionado, conforme o esquema representado na Figura 16.

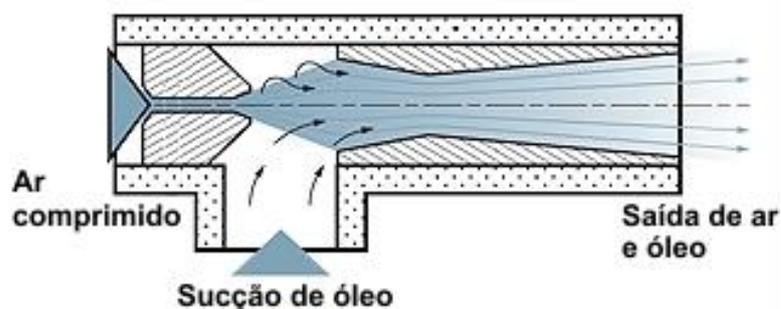


Figura 16: Funcionamento da válvula de Venturi

O dispositivo conta com três válvulas de Venturi, fixadas sobre uma bancada (Figura 17), com uma mangueira presa a cada uma delas. A saída das válvulas é conectada a um tubo de diâmetro muito maior, que possibilita que a pressão diminua, separando o ar, que sobe e se

dispersa, do óleo hidráulico, que desce e é armazenada em um reservatório para reaproveitamento posterior.



Figura 17: Bancada de esgotamento de óleo

O tempo de sucção varia de acordo com o tamanho do cilindro e tem uma média de dois minutos, mas não influencia no tempo total para a entrega da peça pronta para a próxima etapa – a pintura – pois o esgotamento de óleo ocorre em paralelo ao teste, que demora mais para ser realizado e portanto dita o tempo do processo. O tempo que o operador utiliza para posicionar a mangueira na conexão do cilindro e ligar a válvula é compensado pela menor movimentação que ele realiza para entregar a peça para a próxima etapa, que antes era de levar a peça até um pallet no chão ao lado da bancada de testes e agora consiste apenas no posicionamento do cilindro na bancada de esgotamento, posicionada atrás dele.

Assim, o resultado de pesquisas empíricas nos setores de pintura e embalagem após o funcionamento do novo processo é de uma redução quase completa da quantidade de óleo nos cilindros, refletindo na qualidade da pintura e da expedição de peças. Quanto ao consumo de óleo hidráulico, o resultado pôde ser observado na aquisição do produto, que é realizada quando o estoque está próximo de acabar, comparando os períodos do ano antes e após a implantação do processo.

Quadro 20: Comparação do consumo de óleo por peça antes e depois da implantação do novo processo

Período	Óleo (L)	Produção	Óleo/peça (L)
Jan - Jul (2016)	1100	7920	0,139
Ago - Out (2016)	400	5101	0,078

Observando-se a utilização de óleo hidráulico no ano de 2016 em relação à quantidade de peças testadas, notou-se a redução de aproximadamente 44% na quantidade utilizada do produto para o teste de cilindros. Após a utilização do novo método, foi constatado empiricamente que os produtos não possuem mais manchas de óleo durante a embalagem, o que mostra uma melhor qualidade da entrega final ao cliente.

5 CONCLUSÃO

Por meio do levantamento bibliográfico e da própria experiência de trabalho junto de profissionais altamente qualificados foi possível adquirir conhecimento sobre algumas das técnicas e ferramentas do Sistema Toyota de Produção e aplicar algumas práticas desta filosofia, o que resultou em ações de melhoria contendo medidas para melhorar os processos da empresa, para que esta possa vir a aumentar sua capacidade para atingir as novas metas e se tornar mais competitiva no cenário atual.

Foram apresentados neste trabalho ações que envolveram o reaproveitamento do óleo utilizado no teste de cilindros hidráulicos, o fluxo e transporte de peças no chão de fábrica e a troca rápida de ferramentas nos tornos de uma das células produtivas. Todas estas aplicações refletiram na qualidade dos processos e na eficiência da fábrica. Estes estudos e melhorias, realizadas com base nos conceitos do *Lean Manufacturing*, contribuíram para o grande objetivo de desenvolver cada vez mais o Pensamento Enxuto, que irá contribuir para o surgimento de novas ideias e ações que contribuirão ainda mais para o crescimento da empresa.

Durante as aplicações contidas neste trabalho foi possível notar a grande necessidade de implantação do Programa 5S em toda a produção, o que possibilitará que os processos fluam melhor. Outra ação proposta será a réplica do trabalho de SMED realizado na célula de Acessórios para a célula de Brunimento, que também possui elevados tempos de *setup* que comprometeriam a produtividade no cenário para 2017, com a meta diária elevada. Uma terceira oportunidade de redução de desperdícios é relacionada aos componentes refugados. Foi observado que muitas peças defeituosas que são descartadas podem ser reaproveitadas se realizado um controle minucioso com a destinação para outras finalidades. Estas ações são algumas das previstas para o início do ano de 2017.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CURY, Antonio. **Organização e métodos: uma visão holística, perspectiva comportamental e abordagem contingencial.** São Paulo, SP, 2007

FERREIRA, J.C.E; REAES, P.A. **Performance comparison of the virtual cell *layout* with cellular and job shop configurations using simulation and design of experiments.** *In:* 9th IEEE International Conference on Automation Science and Engineering. **IEE CASE**, Madison, Wisconsin, EUA: IEEE Robotics and Automation Society, p.795-800, 2013.

FULLMANN, Claudiney. **O Trabalho: Mais resultado com menos esforço - Passos para produtividade.** São Paulo: Educator, 2009

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

RODRIGUES, Iana Araújo. **Implementação de técnicas da produção enxuta em uma empresa contratada do setor eletrônico.** 2006. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

ROSA, G. P.; CRACO, T.; REIS, Z. C.; NODARI, C. H. **A reorganização do *layout* como estratégia de otimização da produção.** GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 9, nº 2, p. 139-154, 2014.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção – do ponto de vista da Engenharia de Produção.** Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** 3^a. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

Universidade Estadual de Maringá
Departamento de Engenharia de Produção
Av. Colombo 5790, Maringá-PR CEP 87020-900
Tel: (044) 3011-4196/3011-5833 Fax: (044) 3011-4196