

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE GESTÃO E ECONOMIA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA PRODUÇÃO

SEDENIR DA SILVA

**REDUÇÃO DOS CUSTOS DE TRANSFORMAÇÃO NO PROCESSO DE
TORNEAMENTO DOS EIXOS DA CARÇAÇA 63 A 100 EM UMA FÁBRICA DE
MOTORES ELÉTRICOS NO SUL DO BRASIL APLICANDO A METODOLOGIA
DO MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2020

SEDENIR DA SILVA

**REDUÇÃO DOS CUSTOS DE TRANSFORMAÇÃO NO PROCESSO DE
TORNEAMENTO DOS EIXOS DA CARCAÇA 63 A 100 EM UMA FÁBRICA DE
MOTORES ELÉTRICOS NO SUL DO BRASIL APLICANDO A METODOLOGIA
DO MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Especialização apresentado como requisito
parcial para a obtenção do título de
Especialista em Engenharia da Produção.

Orientador: Dr. Paulo Daniel Batista de
Sousa

CURITIBA

2020

TERMO DE APROVAÇÃO

REDUÇÃO DOS CUSTOS DE TRANSFORMAÇÃO NO PROCESSO DE TORNEAMENTO DOS EIXOS DA CARÇAÇA 63 A 100 EM UMA FÁBRICA DE MOTORES ELÉTRICOS NO SUL DO BRASIL APLICANDO A METODOLOGIA DO MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR

Esta monografia foi apresentada no dia 30 de setembro de 2020, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia da Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato apresentou o trabalho para a Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após a deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Dr. Paulo Daniel Batista de Sousa
Orientador

Msc. Sérgio Zagonel
Banca

Msc. Egon Bianchini Calderari
Banca

Dra. Luciana Vieira de Lima
Banca

Visto da coordenação:

Dr. Paulo Daniel Batista de Sousa

DEDICATÓRIA

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pois sem ele não seria possível eu estar aqui para a realização deste trabalho.

Agradeço também a todos os meus colegas de trabalho e colaboradores por entenderem as experiências feitas no departamento de Usinagem e pelo empenho e auxílio para que o objetivo deste trabalho fosse cumprido. Um muito obrigado ao meu gestor Enor Paganini Belletini, pelo apoio quando precisei e o encorajamento na busca de novos conhecimentos.

Os meus agradecimentos especiais também à incrível equipe técnica do Departamento de Usinagem e Engenharia Industrial, pela disposição na aplicação dos trabalhos. Roni, Guilherme, Denis, Anderson, Stefano, Olavo, Carel, Charles, Tiago – sem estes colegas este trabalho não seria possível.

Um obrigado ao Professor e orientador Dr. Paulo Daniel Batista de Sousa, por me orientar e mostrar o caminho para obtenção de novos conhecimentos e ajudar a melhorar os processos reduzindo os custos de fabricação.

Agradeço também à Jussara, pelo auxílio nas tratativas e contato entre a empresa e a UTFPR – e também, por conseguir os materiais de estudo em formato digital ou impressos.

Finalmente, agradeço aos professores do curso de especialização em Engenharia da Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, que me ajudaram a enriquecer meus conhecimentos obtidos durante o curso.

“A maravilhosa disposição e harmonia do universo, só pode ter tido origem segundo o plano de um Ser que tudo sabe e tudo pode. Isso fica sendo minha última e mais elevada descoberta”.

Sir Isaac Newton

Cientista, físico, astrônomo, alquimista, filósofo natural e teólogo inglês

RESUMO

SILVA, Sedenir da. **Redução dos custos de transformação no processo de torneamento dos eixos da carcaça 63 a 100 em uma fábrica de motores elétricos no sul do Brasil aplicando a metodologia do Mapeamento de Fluxo de Valor.** 40 f. Monografia. (Especialização em Engenharia da Produção) – Departamento de Gestão e Economia - DAGEE, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2020.

A pesquisa científica em questão foi baseada em um estudo de caso, aplicado em uma indústria do ramo metal mecânico que atua na fabricação de motores elétricos situada no sul do Brasil. O estudo visa aumentar o nível de competitividade da empresa, reduzindo os custos de transformação no processo de torneamento de eixos da carcaça 63 a 100 através da identificação do centro de trabalho ótimo para a fabricação de cada lote de eixos. Como parâmetro para a identificação da redução dos custos, foram utilizados os dados da produção de todos os eixos fabricados em 2019. Ao lincar o estudo com as ferramentas do STP como o MFV e os kaizens, verificou-se que com a aplicação correta das ferramentas, é possível obter resultados significativos na eliminação de perdas, pois são fáceis de aplicar e todos os colaboradores são envolvidos e se sentem parte de todo o sistema organizacional. O Estudo de caso foi realizado utilizando o Mapeamento de Fluxo de Valor no processo de torneamento dos componentes de aço onde tinha elevado tempo de setup e execução, devido à falta de um critério bem definido para cadastrar no sistema SAP o melhor centro de trabalho alternativo utilizado para a fabricação dos eixos e o tamanho ideal de lote de cada centro de trabalho. O MFV (Mapeamento de Fluxo de Valor ou *Value Stream Mapping*) é uma ferramenta muito aplicada no chão de fábrica para identificar rapidamente as ineficiências inerentes ao processo e corrigi-las. Seu objetivo é melhorar o fluxo produtivo, reduzir custos e por consequência obter aumento da produtividade e lucros. Com a realização do trabalho, obteve-se uma redução de 7% em setup e execução do processo.

Palavras-chave: Mapeamento de Fluxo de Valor. Tempo de setup. Redução de custos.

ABSTRACT

SILVA, Sedenir da. **Reduction of transformation costs in the process of turning the 63 to 100 frame shafts in an electric motor factory in southern Brazil using the Value Stream Mapping methodology.** 40 f. Monography. (Specialization in Production Engineering) - Department of Management and Economics - DAGEE, Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2020.

The scientific research in question, was based on a case study, applied in an industry of the metal mechanic branch that operates in the manufacture of electric motors located in the south of Brazil. The study aims to increase the company's level of competitiveness, reducing the transformation costs in the shaft turning process of frame 63 to 100 through the identification of the optimal work center for the manufacture of each batch of shafts. As a parameter to identify cost reduction, production data from all axes manufactured in 2019 were used. When linking the study with STP tools such as MFV and kaizens, it was found that with the correct application of the tools, it is possible to obtain significant results in eliminating losses, as they are easy to apply and all employees are involved and feel part of the entire organizational system. The case study was carried out using the Value Flow Mapping in the process of turning steel components where it had a high setup and execution time, due to the lack of a well-defined criterion to register in the SAP system the best alternative work center used for the manufacture of the axes and the ideal batch size of each work center. Value Stream Mapping (MFV) is a tool widely applied on the shop floor to quickly identify the inefficiencies inherent in the process and correct them. Its objective is to improve the production flow, reduce costs and consequently obtain increased productivity and profits. With the completion of the work, a reduction of 7% in setup and execution of the process was obtained.

Keywords: Value Stream Mapping. Setup time. Cost reduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Custo direto e Indireto	16
Figura 2 - Custos Fixos e Variáveis de acordo com o volume de produção	17
Figura 3 - Casa do Sistema Toyota de Produção	19
Figura 4 - Fluxo de Valor	21
Figura 5 - Ciclo de melhoria do MFV	24
Figura 6 - Mapa de Fluxo de Valor	25
Figura 7 - Centros de torneamento CNC	27
Figura 8 - Tempo x quantidade de peças produzidas em cada CT	32
Figura 9 - Custo x quantidade de peças produzidas em cada CT	32
Figura 10 - Custo de produção dos centros de trabalho (\$) atual	33
Figura 11 - Centro de trabalho ótimo para a produção de eixos	34
Figura 12 - Custo de produção dos centros de trabalho (\$) futuro	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cenário atual anual da produção dos centros de torneamento	30
Tabela 2 - Cenário com os centros de torneamento parametrizados	36

LISTA DE SIGLAS

JIT	Just-In-Time (Bem na hora)
STP	Sistema Toyota de Produção
CT	Centro de Trabalho
CT's	Centros de Trabalho
\$	Valor Monetário
MFV	Mapeamento de Fluxo de Valor
VSM	Value-Stream-Mapping (Mapeamento de Fluxo de Valor)
MRP	Material Requirement Planning (planejamento de requisitos materiais)
CNC	Comando Numérico Computadorizado
Nº	Número
%	Percentual

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERÊNCIAS TEÓRICAS	14
2.1 CUSTOS	14
2.1.1 Classificação dos Custos	16
2.1.2 Custos Fixos e Variáveis	16
2.2 MANUFATURA ENXUTA	18
2.2.1 Pilares do Sistema Toyota de Produção (STP)	19
2.2.2 Just-in-time (JIT)	20
2.2.3 Automação (Jidoka)	20
2.2.4 Pensamento enxuto	20
2.2.5 Valor	21
2.2.6 Cadeia de Fluxo de valor	21
2.2.7 Tempo Takt	22
2.2.8 Mapeamento de fluxo de valor – MFV	22
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	26
3.1 PRIORIZAÇÃO E COLETA DAS INFORMAÇÕES	26
3.2 CENTROS DE TRABALHO E PROCEDIMENTOS DE SETUP	27
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	29
4.1 METODO DE TRABALHO ANTERIOR	29
4.2 SITUAÇÃO INICIAL E AVALIAÇÃO DO MÉTODO DE TRABALHO	31
4.3 CENÁRIO PROPOSTO	34
5 DISCUSSÃO	36
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
REFERÊNCIAS	39
ANEXOS	40
ANEXO A - MFV DO SISTEMA ATUAL	41
ANEXO B - MFV DO SISTEMA FUTURO	42

1. INTRODUÇÃO

Com processos cada vez mais otimizados e a busca constante pela redução de custos nos processos de manufatura e ganho de produtividade, as empresas investem cada vez mais em sistemas de gestão inovadores (ALBUQUERQUE, 2008). Constantemente os gestores com um olhar mais profundo e atento, pode-se extrair a melhor eficiência do equipamento e do operador definindo uma estratégia lógica, onde o sistema MRP possa identificar a melhor lógica e traçando o roteiro ideal para a fabricação de um determinado produto.

Através deste estudo de caso, foi possível identificar ganhos nos custos de transformação no processo de fabricação dos eixos para motores elétricos da carcaça 63 a 100 utilizando a metodologia do MFV (Mapeamento de Fluxo de Valor).

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Usinagem de peças de aço (eixos) em uma empresa metalúrgica do ramo de soluções elétricas e os dados para a realização do trabalho foram coletados de janeiro a dezembro de 2019.

Atualmente a programação dos lotes de eixos é feita baseada nos pedidos de vendas. Independentemente do tamanho do pedido o PCP coloca-o na fábrica para produzir, desta forma não se tem com precisão o valor gasto para produzir cada lote. O programador de PCP tem como prioridade não deixar a carga de máquina acima da capacidade de produção, mas não tem informações necessárias para avaliar o tamanho ideal dos lotes para reduzir os custos de transformação. O processo de usinagem de Eixos tem custo elevado e por isso, toda parada de máquinas é considerada perda significativa no processo.

Este estudo busca visualizar e reduzir os desperdícios com paradas de máquinas que se bem aproveitadas, poderiam estar produzindo e sendo mais sustentáveis. Para que haja uma redução nas paradas por setup, será necessário agrupar os lotes de materiais com características semelhantes e identificar o tamanho ideal dos lotes de eixos.

O estudo de caso tem com objetivo geral, investigar as possibilidades de reestruturação quanto o tamanho dos lotes de eixos a serem fabricados em cada centro de trabalho de torneamento, visando redução do tempo de setup e execução.

Para que o objetivo geral fosse possível de ser alcançado, foram adicionados alguns objetivos específicos como:

- Identificado qual centro de torneamento é o mais adequado para fabricar os lotes de acordo com o seu tamanho;
- Verificando as possibilidades de redução no tempo de setups e execução para cada lote de eixos;
- Criando regras para avaliar o tamanho de lote dos novos produtos e implantar no centro de torneamento ideal.

O trabalho descreve-se da seguinte forma: o capítulo 2 exhibe uma pequena revisão sobre custos e o Sistema Toyota de Produção com ênfase no Mapeamento de Fluxo de Valor; o capítulo 3 descreve a metodologia que foi utilizada para realizar o trabalho; o capítulo 4 exhibe a apresentação de modo geral e os resultados analisados; o capítulo 5 exhibe os resultados e, finalmente, o capítulo 6 descreve as conclusões da monografia.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 CUSTOS

A partir da década de noventa, a gestão empresarial no Brasil sofreu grandes mudanças devido à quebra das barreiras comerciais. Estas mudanças facilitaram a entrada de empresas estrangeiras no país. As empresas estrangeiras trouxeram um alto grau de desenvolvimento tecnológico, forçando as empresas nacionais a melhorar as técnicas de gestão dos resultados e o custeio dos seus produtos, para continuarem competitivas no mercado (FERREIRA, 2007).

Antes da quebra das barreiras comerciais, o preço de venda de um determinado produto era a soma dos lucros com o custo de fabricação. Devido à alta inflação, o consumidor não tinha nenhuma referência de preço dos produtos e por isso não tinha como saber se os preços praticados eram os mais justos. Nos dias de hoje quem dita o preço do produto é o mercado, portanto, para a empresa obter lucro é necessário reduzir os custos, pois, o preço de venda é fixo e para obter lucro a empresa precisa reduzir os custos de fabricação de seus produtos (FERREIRA, 2007).

De forma conceitual, os custos são gastos com bens e serviços utilizados para produzir outros bens e serviços. Os gastos utilizados para a fabricação de produtos, comprar mercadorias para o comércio, ou na prestação de serviços são considerados custos, porque são atividades “fim”, já as despesas são consideradas necessárias para a obtenção do produto, mas que não estão ligadas a transformação do produto, por isso são consideradas atividades “meio” (POMPERMAYER; LIMA, 2002).

Os custos são gastos aplicado na produção de algo, que seja utilizado para seu consumo ou comercialização. Com a competitividade entre as empresas devido à globalização e para se manter entre os melhores, cada vez mais, os administradores buscar reduzir custos. Para isso é necessário obter um sistema integrado com a estratégia da empresa que facilite ao administrador na tomada de decisão, inclusive para a melhoria dos processos. Os custos podem ser avaliados de diversos ângulos, permitindo que cada usuário possa suprir sua necessidade de forma competitiva, estratégica, operacional e financeira (CARARETO; JAYME; TAVARES; DO VALE, 2003).

O administrador está cada vez mais preocupado com a redução dos custos nas empresas. O mesmo não pode simplesmente escolher a alternativa aparentemente mais viável, ou apenas se basear nos princípios da administração para a tomada de decisão. Para maior assertividade em obter o custo real da empresa, é necessário mapear todos os custos observando várias alternativas possíveis, e utilizar a mais viável financeiramente (MACHLINE, 1992).

A intensificação da competitividade no ambiente de negócios tem exigido dos gestores decisões cada vez mais complexas, tornando-se necessárias avaliações precisas dos riscos envolvidos no processo decisório. A definição das estratégias proporciona aos gestores decisões capazes de manter a organização em condições de competição no mercado. Isso ocorre à medida que os recursos físicos, financeiros e humanos são adequadamente utilizados, maximizando as oportunidades do ambiente da empresa (MELO; LEONE, 2015, p. 5).

Para melhorar a competitividade, as empresas devem buscar meios de redução de custos de transformação dos produtos fabricados, através de estratégias superiores, que possam agregar valores para o cliente com um custo igual ou menor que a concorrência oferece, dando vantagem competitiva à organização (MELO; LEONE, 2015).

É importante ter conhecimento sobre os custos, pois com a competitividade ocasionada pela concorrência e a constante busca pelo crescimento contínuo faz com que as empresas se qualifiquem e gerenciem os custos de seus componentes e produtos para evitar possíveis perdas e desperdícios. A evolução dos custos pode servir de base para a tomada de decisão, em relação à viabilidade de continuar comercializando todo o portfólio de seus produtos existentes (FERREIRA, 2007).

A falta de informação sobre os custos costuma gerar graves consequências para a organização. Pode ocorrer de a organização desconhecer o quanto de lucro cada produto oferece e se esses produtos estão gerando lucros. A má aplicação do capital de giro em produtos pouco rentáveis, falta de foco de vendas nos produtos mais lucrativos, desconhecimento dos custos, pode oferecer menor lucro e rentabilidade. A estabilidade econômica e financeira fica ameaçada (FERREIRA, 2007).

2.1.1 Classificação dos Custos

Classificar os custos de uma empresa como direto ou indireto, pode gerar dúvidas, pois em alguns casos o mesmo custo pode ser direto para um determinado produto e indireto a outro. Quando o custo é necessário, mas não está envolvido no produto é um custo indireto, já quando o mesmo é utilizado na matéria prima para a fabricar um produto ele tornasse-a custo direto. Os custos direto e indireto estão ilustrados na Figura 1 (FERREIRA, 2007) e podem ser caracterizados do seguinte modo:

Custo direto: Custos atribuídos direto ao produto (ex.: matéria prima, embalagem, etc.) (FERREIRA, 2007).

Custos indiretos: Não estão atribuídos diretamente ao produto, para isso, dependem de cálculos ou estimativas de critérios de rateios (FERREIRA, 2007).

Custo Total	Custos Diretos	Materiais
		Mão de obra operacional
		Equipamento
	Custos indiretos	Despesas Administrativas
		Despesas comerciais
		Despesas financeiras
		Despesas tributárias
		Mão de obra técnica

Figura 1: Custo direto e indireto.

Fonte: Adaptado de Brenda Bressan Thomé (2016).

2.1.2 Custos Fixos e Variáveis

Os custos fixos nunca alteram com a variação da quantidade produzida (ex: seguros, materiais de expediente, telefone, etc.). Os custos fixos normalmente são controlados pelo nível mais alto dentro da hierarquia da empresa. Esses custos independem da quantidade de produção da organização e são estipulados baseados em uma faixa de produção. Caso a produção fique fora da faixa de capacidade, esses custos podem sofrer alteração, essas alterações podem ser mantidas, ou não, de acordo com as decisões dos administradores de acordo com uma nova demanda

de produção (FERREIRA, 2007).

Os custos variáveis, diferentemente dos custos fixos, mudam quando há uma diferença no volume de produção (ex: matéria-prima). Os custos variáveis normalmente são controlados pelo centro de custo que o realiza e variam de acordo com o nível de atividade da empresa. Da mesma forma que os custos fixos, os custos variáveis precisam ser avaliados dentro da faixa de produção, além dessa faixa, os custos variáveis costumam ter um comportamento diferente. Além das variações por conta da produção, esses custos também podem mudar influenciados pelas decisões administrativas conforme mostra a Figura 2 (FERREIRA, 2007).

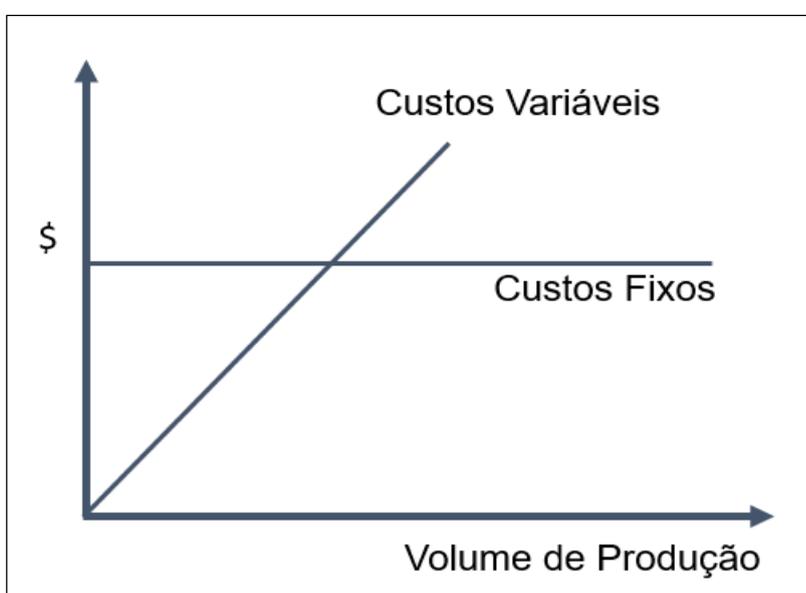


Figura 2: Custos Fixos e Variáveis de acordo com o volume de produção.

Fonte: Adaptado de Ferreira (2007).

Fazer um modelo de custos é tarefa delicada, principalmente quando se tem muitas variáveis em jogo, porém, tendo essas variáveis com números de forma clara é possível fazer à análise quantitativa do problema e aplicar a alternativa mais viável (MACHLINE, 1992).

A determinação anterior do tamanho do lote a ser fabricado torna a produção mais enxuta e eficiente. O processo de análise é importante para identificar o menor custo de fabricação de cada componente. É muito comum ocorrer de as empresas aumentarem seus estoques de produção, fazendo lotes maiores do que a necessidade, para aproveitar setup e reduzir o custo de fabricação, mas é importante avaliar de forma minuciosa, o tamanho ideal dos lotes e só assim, ter a certeza de qual o tamanho ideal para a obtenção do menor custo final do produto

(CARAVILLA, 1996).

Para melhor direcionamento do trabalho será estudado o Sistema Toyota de Produção, aplicando o Mapeamento de Fluxo de valor em todas as atividades que sofrerão mudanças com a finalidade de reduzir os custos de transformação tempo *takt* na fabricação de eixos para motor.

2.2 MANUFATURA ENXUTA

A Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*) teve origem no Japão e foi criado pelo engenheiro da Toyota Toüchi Ohno, depois de ter estudado os processos produtivos norte Americanos (CAMPOS; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2016).

Segundo Vieira (2006), na empresa Americana Ford, o processo de manufatura era produção em massa, diferentemente do que ocorria no Japão que não tinha mercado para consumo em grandes quantidades, mas a Toyota tinha como expectativa atender o mercado nacional que necessitava de uma vasta diversidade de veículos para suprir as necessidades do país.

Para utilizar os conceitos da Ford que Ohno adquiriu nos Estados Unidos, ele precisou adaptar os processos que havia conhecido na América a realidade das empresas japonesas. Teve como princípio a eliminação desperdícios, a melhoria da qualidade, o comprometimento e envolvimento de todos os colaboradores da organização (CAMPOS; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2016).

Essa filosofia aos poucos foi sendo introduzida no meio industriário no Japão, e o país começou a ficar conhecido como padrão de excelência. Com o avanço da economia no Japão nos anos 80, o *Lean Manufacturing* começou a ganhar espaço no mundo todo. Outros países, assim como o Japão, implantaram a filosofia de Ohno e também tiveram sucesso, provocando uma revolução na economia mundial (CAMPOS; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2016).

No período pós-guerra, a Toyota adotou como estratégia se capacitar para sobreviver a um mercado doméstico japonês onde a demanda era bem discreta e não poderia aplicar a estratégia de produção em massa como na América. Para a Toyota ser competitiva no mercado, desenvolveu-se um sistema produtivo capaz de concorrer com o sistema de produção em larga escala, dando origem ao STP (Sistema Toyota de Produção) (VIEIRA, 2006).

O sistema de Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*) possui esse nome por ter reduzido tudo o que existia na produção em massa. Ex.: Menos esforço dos funcionários para a fabricação dos produtos, menos investimentos com ferramentas, menos espaço para a fabricação, menos tempo para fazer o planejamento e projetos, estoques menores e menos fornecedores. Com essas medidas a Toyota ampliou a variedade ofertada de produtos com custo baixo e boa qualidade (VIEIRA, 2006).

2.2.1 Pilares do Sistema Toyota de Produção (STP)

Segundo Vieira (2006), são dois os pilares que sustentam o STP e são formados pelo Just-In-Time e Jidoka. Esses pilares são suportados por mais dois quesitos:

- Flexibilidade de mão-de-obra: Os funcionários também trabalham em vários postos de trabalho e são alocados de acordo com a demanda de produção de cada posto de trabalho (VIEIRA, 2006).
- Pensamento Criativo: Todos podem dar sugestões de melhorias, essas sugestões são implantadas à medida que as mesmas apresentem bons resultados (VIEIRA, 2006).

Os dois conceitos acima possibilitam que o processo tenha estabilidade, produção nivelada, produção puxada e padronização. Na Figura 3 está ilustrado a casa do STP (VIEIRA, 2006).

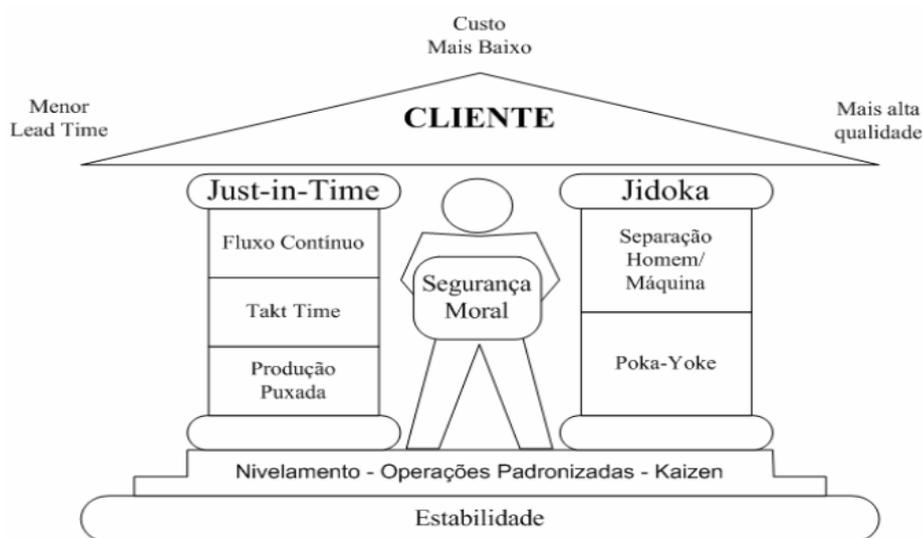


Figura 3: Casa do Sistema Toyota de Produção.
Fonte: Adaptado de Mauricio Garcia Vieira (2006).

2.2.2 Just-in-time (JIT)

Segundo Vieira (2006), o *Just-in-time* (JIT) era um termo popular usado no Japão muito antes da Toyota, mas na empresa surgiu através de uma ideia de Kiichiro Toyota que dizia em uma indústria o ideal seria que todas as peças estivessem ao lado da linha no momento em que fossem utilizadas para a montagem. O significado de JIT é que cada processo deve ser provido com os produtos certos, na hora certa, com a quantidade certa e no local certo. O JIT identifica, localiza e elimina as perdas para a garantia que o fluxo de produção seja contínuo. Para o correto funcionamento do JIT, é necessário que o fluxo seja contínuo, *takt time* e produção puxada (VIEIRA, 2006).

2.2.3 Autonomia (Jidoka)

O Pilar de autonomia foi desenvolvido no processo de fabricação de um Tear que parava sozinho quando o produto ficasse pronto, ou a linha do tecido se rompia. Com essa invenção, o homem deixou de cuidar de apenas um tear e começou a fazer outras atividades, como cuidar de vários teares ao mesmo tempo. A venda da patente dessa invenção proporcionou a criação da marca Toyota (VIEIRA, 2006).

O objetivo do conceito de autonomia é impedir a geração de uma grande quantidade de defeitos e evitar anormalidades durante o processo de produção. Se a máquina para o processo sozinha, ou interrompe a linha, o problema fica visível ao operador, aos colegas e ao supervisor, proporcionando que mais pessoas possam identificar a causa e solução do problema. Uma vez identificada a causa, toma-se uma ação para evitar que ocorram outras paradas pelo mesmo motivo (VIEIRA, 2006).

2.2.4 Pensamento enxuto

Segundo Vieira (2006) o cliente reconhece que no pensamento enxuto o valor é um ponto essencial. Isso só é significativo e faz sentido se o produto, ou serviço atende a necessidade do cliente a um preço específico e no momento específico.

Para Vieira (2006) essa filosofia evoluiu em três estágios. No início entendia-

se que eram utilizadas várias ferramentas de forma separada, como o Kambam e os círculos de qualidade, depois foi visto como uma metodologia de manufatura, e posteriormente foi visto como algo que abrange todas as necessidades do cliente de acordo com o valor que o cliente pretende a pagar.

2.2.5 Valor

A essência do pensamento enxuto é o valor e este só pode ter uma definição da percepção do cliente final. Para o cliente valor pode significar a cor do produto, o design, o serviço de entrega, a embalagem, a forma da compra e de pagamento, o preço, a marca, ou seja, tudo aquilo que o cliente considera importante (VIEIRA, 2006).

2.2.6 Cadeia de Fluxo de valor

A cadeia de fluxo de valor é definida após a identificação do valor do produto e abrange todas as etapas para a fabricação de um produto, que vai desde o projeto até a entrega do produto acabado ao cliente final (VIEIRA, 2006).

O Fluxo de valor abrange todas as atividades para a obtenção de um produto final, mesmo as atividades que não agregam valor ao e são importantes para a obtenção do produto final. A Figura 4 está representando um processo produtivo que vai desde o fornecedor, sofre todas as transformações e vai até a entrega do produto para o cliente final. Percebe-se que a cada etapa do processo de transformação, existe torneira pingando representando os desperdícios existentes nas empresas (VIEIRA, 2006).



Figura 4: Fluxo de Valor.
Fonte: Adaptado de Maurício Garcia Vieira (2006).

2.2.7 Tempo *Takt*

O tempo *takt* tem como objetivo alinhar a demanda com a produção de forma precisa no ritmo de produção adequado. O tempo *takt* além de definir o ritmo, permite de forma clara a identificação de atrasos de forma rápida e possibilita a correção (VIEIRA, 2006). Conhecendo o tempo *takt* é possível também avaliar os tempos de processo por etapa e corrigi-los eliminando em cada etapa os gargalos e nivelando para que as etapas possam fluir em ritmo equivalente (VIEIRA, 2006). Desta forma, o tempo *takt* pode ser entendido como o tempo que regula o fluxo do material em processo na linha, ou célula de produção. É importante destacar que o tempo *takt*, consequentemente está relacionado de forma direta com a Função Processo, no fluxo dos materiais desde o início até o final do processo (VIEIRA, 2006).

O tempo *takt* é a divisão do tempo disponível para produzir um produto, em segundos, pela demanda do cliente, que está representado na equação 1:

$$\text{"takt time"} = \frac{\text{Tempo de trabalho disponível por turno}}{\text{Demanda do cliente por turno}} \quad (1)$$

Pode acontecer do haver mudanças no tempo *takt*, e caso isso ocorra, é necessário fazer um rebalanceamento em toda a linha, ou célula, para fazer a redistribuição da carga de trabalho. Essas mudanças podem ocasionar um aumento ou redução de funcionários nos postos de trabalho para a realização das atividades (VIEIRA, 2006). Essas mudanças podem ocasionar problemas, pois afetam a padronização e com isso as pessoas podem demoram certo tempo para se adaptar ao novo processo, reduzindo o ritmo de trabalho podendo dificultar o atendimento ao tempo *takt*, ou piorar a qualidade do produto. Na Toyota o tempo mínimo para mudar o tempo *takt* é de quatro meses (VIEIRA, 2006).

2.2.8 Mapeamento de fluxo de valor – MFV

Segundo Vieira (2006), o Mapeamento de Fluxo de Valor é muito interessante de ser utilizado pelas empresas que aplicam o sistema de produção enxuta. O conjunto de todas as atividades, desde o momento que é adquirido a matéria prima,

até o produto no consumidor final é conhecido como fluxo de valor. Sua aplicação é bem ampla no meio industrial devido à simplicidade de ilustração no mapa, pois se utiliza apenas lápis e papel para a construção de um cenário de produção. O mapa pode ser utilizado tanto para ilustrar o fluxo de produção de materiais, quanto para o fluxo de documentos e ajuda ilustrar de forma clara para a visualização a situação atual e futura.

O Mapeamento de Fluxo de Valor é uma ferramenta *lean* qualitativa. Essa ferramenta é utilizada para fazer a análise e projetar o fluxo de materiais e informações que são utilizadas para a obtenção de um projeto, produto ou serviço. Além do MFV proporcionar a visualização da cadeia produtiva como um todo, ele também proporciona a possibilidade de analisar a variável tempo em cada etapa do processo e pode ser aplicado em praticamente todos os fluxos de valor (DANTAS FILHO; BARROS NETO; ANGELIM, 2017).

A construção do Mapa de Fluxo de Valor tem como objetivo reduzir *lead time* eliminando os desperdícios que podem ocorrer durante o processo, ocasionando ganhos com redução de custos, melhoria na qualidade, redução de tempo de entrega do produto e aumento da flexibilidade no processo produtivo (VIEIRA, 2006).

Vieira (2006) mostra algumas das vantagens em utilizar o MFV para a fabricação de produtos:

- Possui linguagem comum de fácil visualização e simbólica;
- Fácil de interpretar;
- Fácil visualização do fluxo, ou processo;
- Expõe a relação do fluxo de informação juntamente com o fluxo de materiais;
- Trás melhoria para o sistema de forma geral e não apenas em partes do processo;
- Identifica as perdas e desperdícios;
- Possui técnicas de conceito de manufatura enxuta;
- Dá formato a base que pode ser usada como referência para a implementação de mudanças.

Segundo Vieira (2006), o MFV possui algumas desvantagens conforme descrito abaixo:

- Problemas para mapear produtos de fluxos diferentes;
- Ausência de registros gráficos para transporte, filas e distâncias que o produto

percorre;

- Ausência de indicadores financeiros;
- Falta de gráficos para a visualização do layout;
- Dificuldade de detalhar todo o conteúdo do fluxo de informações;
- Ausência de um método para classificar a melhoria a ser realizada inicialmente.

Apesar de algumas desvantagens descritas por Vieira (2006), o MFV representa a filosofia do *lean* que é a simplicidade, divisão da informação através de gestão visual e incumbência de tarefas para os mais baixos níveis hierárquicos da organização (VIEIRA, 2006).

A Figura 5 mostra que o MFV é uma ferramenta de melhoria contínua, pois mostra que após sua implementação teremos um círculo virtuoso de melhorias no processo, pois o mapa de estado futuro, torna-se um mapa de estado atual após a implantação, proporcionando um ciclo infinito (VIEIRA, 2006).

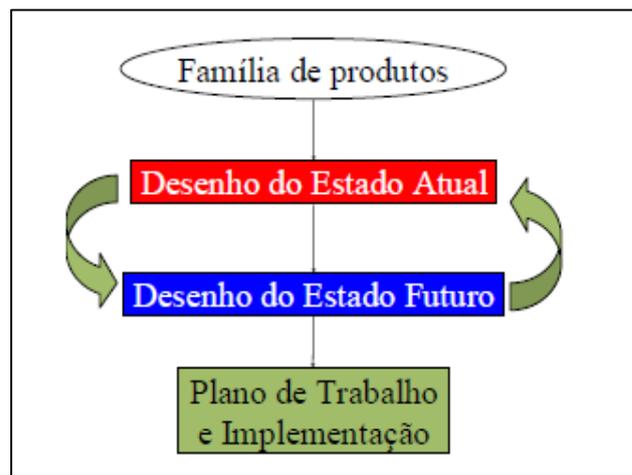


Figura 5: Ciclo de melhoria do MFV.
Fonte: Adaptado de Maurício Garcia Vieira (2006).

Ainda conforme Vieira (2006), o objetivo do Mapeamento de Fluxo de Valor é fazer melhorias para dar mais fluidez no fluxo do processo e não no processo propriamente dito. Os Kaizens são divididos em dois: kaizen de fluxo que está diretamente ligado à gerência para resolver problemas de fluxo interdepartamental e kaizen de processo que está mais diretamente ligado à fábrica para resolver problemas pontuais nos processos e que podem não apresentar ganho significativo no fluxo (VIEIRA, 2006).

O MFV é utilizado para mapear o fluxo dos processos produtivos ao longo da fabricação de um determinado produto, desde o almoxarifado até a expedição, mas

também podem ser utilizados para mapear a cadeia de suprimentos através da melhoria contínua (VIEIRA, 2006).

A Figura 2.6 apresenta um mapa simplificado de um processo em uma empresa tradicional. Neste caso, existe um sistema MRP utilizado para gerar as ordens de fabricação que são utilizadas para empurrar os materiais para o próximo processo de fabricação. Entre os processos existem estoques intermediários, criados devido os processos não serem sincronizados e possuir um sistema empurrado. Abaixo do mapa está desenhada a linha do tempo onde pode ser comparado o lead time com o tempo de processamento (VIEIRA, 2006).

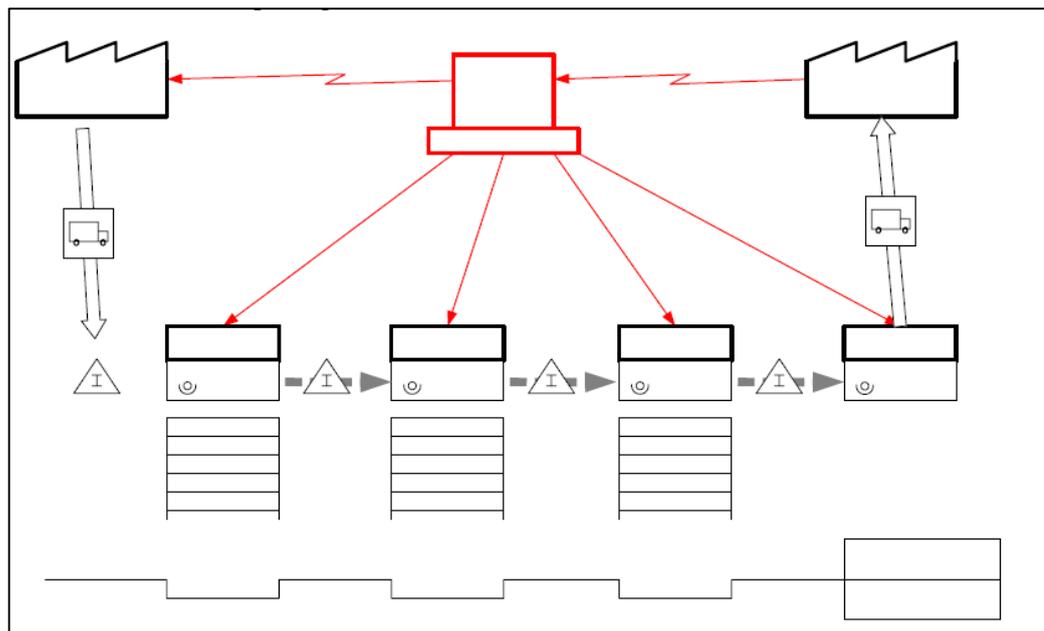


Figura 6: Mapa de Fluxo de Valor.

Fonte: Adaptado de Mauricio Garcia Vieira (2006).

Segundo Ferro (2003) a definição do estado futuro de um Mapeamento de Fluxo de Valor para ser eficiente deve conter uma quantidade de kaizens igual, ou menor que 6, pois quando o número ultrapassa essa quantidade pode ter uma demora maior na implantação afetando o resultado do trabalho e dificultando a visualização dos ganhos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com o objetivo de investigar a possibilidade de reestruturar o tamanho dos lotes de eixos para reduzir o custo de transformação e o tempo de máquina parada por *setup*, realizou-se uma pesquisa através de um estudo de caso.

A abordagem do problema foi quantitativa, devido à demonstração de dados que foram mensurados de forma numérica, classificados e analisados através de planilha do Excel. Foi escolhido para o trabalho, um estudo de caso devido à necessidade de conhecer o fluxo do processo de forma aprofundada e os tipos de materiais, visando estimular a compreensão, sugerir questões e desenvolver a teoria.

Este estudo de caso foi realizado em uma empresa multinacional do ramo de soluções elétricas, cuja matriz é localizada no sul do Brasil. A empresa possui em torno de 31.800 colaboradores em 48 países entre filiais e fábricas – sendo pouco mais de 22.000 colaboradores só no Brasil. Nesta multinacional brasileira, somente na unidade onde está localizada a matriz, usinam-se em média 14.500 (quatorze mil e quinhentos) toneladas de peças de aço por ano. Os trabalhos de melhoria desta monografia foram aplicados no Departamento de Usinagem de componentes de aço para a fabricação de eixos.

O Departamento possui 135 centros de trabalho e 202 equipamentos - incluindo serras, faceadeiras, tornos horizontais, centros de usinagem, retificadoras, furadeiras, rosqueadeiras, entre outros. Possui 406 colaboradores, e opera em 2 turnos. A área construída do prédio é de 7.500 m².

3.1 PRIORIZAÇÃO E COLETA DAS INFORMAÇÕES

Ao avaliar o custo de perdas e desperdícios do Departamento de Usinagem, percebeu-se que havia perdas significativas em *setup* de máquinas e tempo de execução. Os critérios utilizados para credenciar a máquina e utilizá-la como alternativa na fabricação de um determinado material, era apenas a esbelteza do equipamento e do material, sem levar em consideração outras premissas. Com isso, os custos para produzir determinados tamanhos de lotes eram elevados.

A equipe de trabalho ao estratificar as perdas, identificou que poderia melhor distribuir os tamanhos de lotes, alterando o roteiro de fabricação dos materiais, de modo que as peças passariam a ser produzidas na máquina em que obtivesse

menor custo e tempo de fabricação, desde que não excedesse a capacidade da mesma. Para a realização desse trabalho, será realizado utilizando a ferramenta MFV Mapeamento de Fluxo de Valor (*VSM - Value Stream Mapping*) e será aplicado no processo a fim de identificar qual Centro de Trabalho de torneamento é mais adequado para produzir as peças com menor tempo de processamento e menor custo. A equipe de trabalho foi definida pelos gestores da área e está composta por um gestor da fábrica, um engenheiro de processos, um analista técnico e um cronoanalista. Desta forma, estruturou-se um *Standard Kaizen*, dado o caráter multifuncional da equipe e a natureza do problema a ser atacado.

Neste momento, devido à necessidade de distanciamento social, não foi possível fazer reunião presencial, mas mesmo assim a equipe conseguiu bons resultados através de reuniões remotas e e-mail para o sucesso da realização dos experimentos. Após a identificação, foram executados testes para avaliar a eficácia da alteração do tamanho de lote para cada centro de torneamento para a fabricação dos eixos, e realizado melhorias. Após essa etapa, foi validado o trabalho e elaboração de nova documentação padrão.

Em todo o processo de elaboração do trabalho foram analisados intensamente todos os dados numericamente, como em gráficos para que os resultados apresentados fossem os melhores possíveis.

3.2 CENTROS DE TRABALHO E PROCEDIMENTOS DE *SETUP*

Os Centros de torneamento da Usinagem de componentes de aço, estão distribuídos no departamento em dez máquinas e seis Centros de Trabalho de torneamento. Estes centros de torneamento são todos compostos por tornos CNC horizontais conforme ilustrado na Figura 7.



Figura 7. Centros de torneamento CNC.
Fonte: Adaptado pelo autor (2020).

Em quatro centros de trabalho, cada operador é responsável por operar duas máquinas utilizadas para produzir peças normais, ou seja, peças com processos bem otimizados e definidos. Nos outros dois centros de trabalho, cada colaborador opera uma máquina, produzindo peças especiais, que por sua vez exige maiores cuidados devido à esbelteza de cada tipo de material.

O *layout* da fábrica é distribuído por processo e a produção é empurrada. As peças produzidas nos tornos normais têm o primeiro lado usinado em uma das máquinas e posteriormente o operador retira a peça da máquina e coloca na outra para finalizar o processo. No processo de fabricação de peças especiais o torneamento é realizado de acordo com o tipo do material a ser produzido, podendo ser fabricada completo, duas etapas, ou em várias etapas até a peça ficar pronta. Após o processo concluído, o operador leva o material para o estoque do processo seguinte através de carrinho movimentado manualmente.

O *setup* deve ser otimizado para redução efetiva do tempo de máquina parada na fabricação de lotes normais, mas os materiais especiais têm suas particularidades e dificilmente podem ser agrupados para a otimização do *setup*, com isso há uma maior perda por máquina parada entre o último lote fabricado e o seguinte nesse tipo de equipamento.

Nos tornos CNC, o *setup* é constituído basicamente de:

- Chamar e ajustar o programa CNC de usinagem;
- Ajustar o entre pontas da máquina de acordo com o tamanho das peças,
- Trocar e limpar castanhas de fixação, sistema de arraste frontal ou pinça de fixação;
- Fazer os zeramentos da máquina;
- Regular os instrumentos de medição
- Trocar ferramentas de corte (se necessário).

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste tópico, irão ser apresentados os resultados que foram obtidos com o estudo realizado. Serão avaliados os indicadores de horas disponíveis versus horas programadas. Com isso, será possível fazer um comparativo do antes e depois do estudo e demonstrar os possíveis ganhos no processo com a redução das horas de produção e do tempo de preparação. Esses ganhos, permitirão que em um aumento de demanda de produção, semelhante aos ganhos deste estudo, a empresa poderá absorver sem necessitar de capacitação. Posteriormente, será analisada a situação em que o processo de torneamento de eixos estava através de um MFV. Em seguida, serão avaliadas as soluções encontradas para reduzir os custos e a eficácias das mesmas.

Ao analisar o processo de torneamento, percebeu-se que por a empresa possuir tornos CNC de diversos modelos e fabricantes, é necessário utilizar parâmetros e dispositivos diferentes para realizar a produção de um determinado material. Em consequência disso, o tempo de setup e processamento podem ser distintos entre as máquinas. Também foram verificados que, os materiais produzidos nesses tornos possuem diferentes características, influenciando nos custos e tempo de fabricação, dependendo da máquina que o mesmo seria processado. Como ainda era somente uma suposição, foi realizado um estudo avaliando o custo e tempo de fabricação de um determinado material, sendo produzido em todas as máquinas.

4.1 METODO DE TRABALHO ANTERIOR

Quando um material novo é criado, o mesmo passa por uma avaliação do Analista de Processos para identificar o melhor centro de trabalho a ser produzido, baseado em suas características e na carga de máquina disponível. Após essa avaliação, é cria um roteiro principal de todo o processo para o material. Após a implantação, o Programador de PCP recebe a demanda de produção e distribui nos centros de trabalho respeitando a carga de máquina. Para evitar desbalanceamento da carga de máquina, o Analista de Processos também disponibiliza centros de trabalho alternativos, facilitando assim, a vida do Programador de PCP. Na avaliação para a implantação do material no CT que o mesmo deve ser executado, é levado

em consideração o tamanho do lote de peças que será produzido, porém esses lotes ao longo do tempo sofrem alterações em seu tamanho e conseqüentemente pode não ser mais viável produzir no CT que possui roteiro principal.

As alterações que ocorrem na demanda de produção e no tamanho do lote de um determinado material ao longo do tempo, podem ocorrer, tanto para mais, como para menos peças por lote, proporciona maior custo para a organização.

Existe uma demora em perceber a alteração na demanda do cliente. Muitas vezes, somente a fábrica identifica a mudança no comportamento do tamanho de lote e solicita uma revisão. Essa percepção pode ser prejudicada, se não for vista de forma antecipada.

Através de planilha do Excel, foi estratificado do Sistema SAP todas as ordens de produção executadas nos centros de torneamento (ano base 2019), com todos os dados de processo de cada ordem realizada. A tabela 1 demonstra de forma resumida as informações obtidas através dessa estratificação e que serão utilizadas posteriormente para fazer o comparativo dos ganhos. Para a realização do processo atual, é exigido dos equipamentos uma taxa de ocupação média de 87% da capacidade instalada. Também se percebe que o tamanho dos lotes tem uma abrangência no número de peças bem grande. Com a parametrização, busca-se limitar a quantidade de peças programadas em cada CT.

Tabela 1 - Cenário atual anual da produção dos centros de torneamento.

CT	Tamanho do Lote	Cenário Atual			
		Méd. pç/Op.	Hrs Disp.	Carga maq. Hrs/ano	Tx. Ocup.
TUE0001	De 1 a 350 peças	12	3895,14	3242,05	83%
TUE0002	De 1 a 899 peças	98	3895,14	3435,27	88%
TUE0003	De 1 a 950 peças	131	3895,14	2978,77	76%
TUE0004	De 1 a 950 peças	201	1946,34	1812,15	93%
TUE0005	De 1 a 289 peças	17	1946,34	1712,42	88%
TUE0006	De 1 a 635 peças	96	1946,34	1847,78	95%
	Total	92	17524,44	15028,44	87%

Fonte: O Autor (2020).

Com o objetivo de mostrar de forma clara e resumida o fluxo do processo, o estudo foi realizado através de um MFV do antes com o tempo médio de setup e execução de todos os centros de trabalho de torneamento e os demais processos do Departamento de Usinagem.

4.2 SITUAÇÃO INICIAL E AVALIAÇÃO DO MÉTODO DE TRABALHO

Através do Anexo A é possível identificar o do fluxo processo rapidamente e avaliar onde está o gargalo de produção para tomar as decisões necessárias e melhorar o desbalanceamento desse fluxo. Para a elaboração do MFV foi estratificado a quantidade total de horas de produção e preparação no ano anterior de todos os centros de trabalho de torneamento. A empresa possui um número elevado de máquinas, por isso para identificar os processos pelo qual os eixos passam, foi considerado o tempo de *setup* tempo médio de todas as máquinas e está ilustrado no MFV Anexo 1.

Após a elaboração do MFV, foi possível verificar que há possibilidade de melhoria em várias etapas do processo, mas devido demanda elevada de trabalho para a realização do estudo, limitou-se a realização das mudanças e melhorias apenas no processo de torneamento, por se tratar de uma das primeiras etapas do processo de usinagem e onde há boas possibilidades de ganho, tanto em tempo, como em valor monetário. Também é importante avaliar essa etapa do processo, pois a mesma é uma das operações mais complexa para a fabricação dos eixos. Os dados utilizados para a realização do estudo foram baseados em toda a produção de peças no ano de 2019. Depois da realização e implantação desse estudo, o mesmo poderá ser estendido as operações seguintes utilizando o mesmo método de pesquisa e será possível, obter ganhos semelhantes aos deste trabalho.

Foi feito um comparativo com um determinado material sendo fabricado em todas as máquinas. Na Figura 8 percebe-se, que os tempos de processamento são diferentes entre os CT's de torneamento. Também se identifica que os resultados dos centros de trabalho que tem o setup mais rápido, ao fazer lotes pequenos, são mais viáveis. À medida que o tamanho do lote aumenta, fica inviável produzir os eixos nestes centros de trabalho, devido o aumento de tempo e custos de fabricação. Para ter certeza que o tamanho ideal de cada lote de eixos será produzido no centro de trabalho que exige menor tempo de *setup* e fabricação, foi simulada a produção com lotes de uma até mil peças em todos os centros de trabalho, assim foi possível definir com clareza qual o CT de torneamento ideal para cada tamanho de lote. Não foi simulado com lotes superiores a mil peças porque não há na empresa histórico de lotes acima dessa quantidade e não passaria na carga

de máquina em um dia.

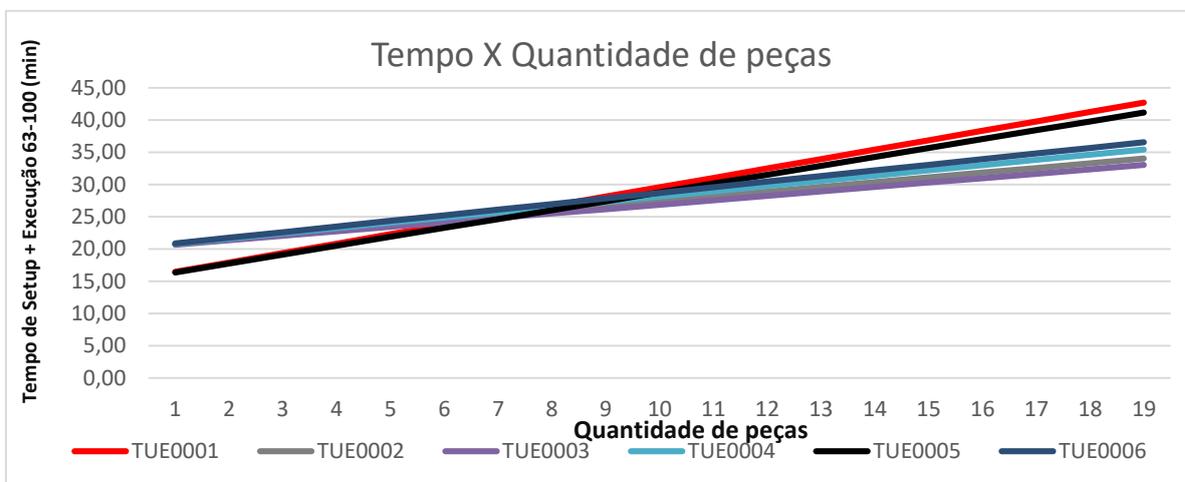


Figura 8. Tempo X quantidade de peças produzidas em cada CT.
Fonte: O autor (2020).

Da mesma forma que foi avaliado o tempo de fabricação do material em questão, fizemos a simulação do custo para fabricar a mesma quantidade de peças. O resultado se mostrou muito parecido com o gráfico do tempo, portanto, partindo daí, foi possível afirmar que o CT de torneamento ideal para fabricar lotes de até dezenove peças é o TUE0005 e acima dessa quantidade o CT de torneamento que tem menor custo e tempo de fabricação por peça é o TUE0003. Na Figura 9 é possível identificar essa situação. O CT TUE0005 apresenta menores custos para produzir lotes menores, enquanto que o CT TUE0003 apresenta os menores custos para lotes maiores. Pode ser afirmado também que o CT TUE0001 apresenta maior custo e tempo entre todos os centros de trabalho de torneamento dos para produzir lotes maiores, portanto é economicamente inviável utilizar este centro de trabalho para tal finalidade.

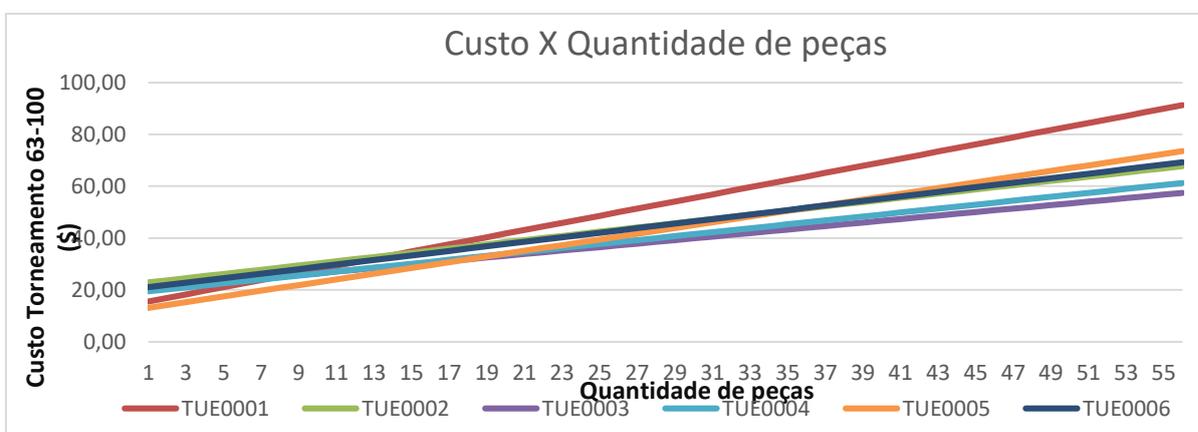


Figura 9. Custo X quantidade de peças produzidas em cada CT.
Fonte: O autor (2020).

Foi avaliado também através das figuras acima, que o CT TUE0006 tem a maior perda monetária do departamento, pois num cenário de lotes menores ele possui valor de *setup*, tempo de execução e valor monetário muito elevado, o mesmo corre quando o lote possua lotes de maior quantidade comparando com os CT's que tinham maior custo ao fabricar lotes menores. Mesmo apresentando maiores custos de fabricação comparando com os demais equipamentos, o CT de torneamento em questão possui custo anual mais baixo do que outros quatro centros de trabalho devido a programação direcionada para o equipamento ser em apenas um turno. A Figura 10 mostra os custos anual em unidades monetarias para produzir as peças em todos os CT's da seção.

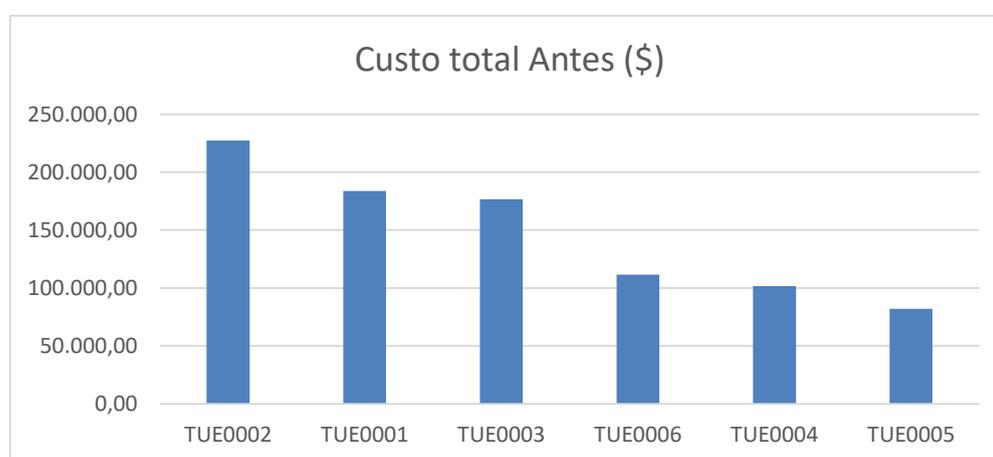


Figura 10. Custo de produção dos centros de trabalho (\$) atual.
Fonte: O autor, (2020).

Ao verificar as perdas que ocorrem nos centros de trabalho de torneamento, identificou-se que no *setup* as mesmas representam 26% (vinte seis por cento) do total de horas programadas, essas perdas embora possam ser tratadas através de um SMED, não são o foco deste estudo. Este estudo avaliará as perdas corridas por *setup* no modelo atual, quando se utiliza uma máquina que possui *setup* mais elevado para fabricar lotes de tamanhos pequenos em que a quantidade de peças produzidas não absorve o tempo de *setup*, ou seja, demora-se muito para preparar e a execução do processo é rápida. As perdas também podem ser grandes na execução, se um lote maior for produzido em um CT onde o *setup* é rápido comparando com os centros de alto volume de produção, mas a execução é mais demorada. Com as melhorias propostas, iremos mostrar que é possível fazer as alterações e apresentar ganhos com essas mudanças.

4.3 CENÁRIO PROPOSTO

Para se antecipar e evitar uma demora em perceber a alteração do tamanho do lote foi feito uma alteração na forma de criar o roteiro. A partir desse estudo, foi definido que o roteiro deve levar em consideração como primeiro critério o tamanho do lote. A quantidade de carga de máquina também é um critério importante, pois nem sempre o centro de trabalho ideal, consegue atender toda a demanda de produção e neste caso a segunda melhor opção é considerada a ideal e assim sucessivamente. A Figura 11 mostra os CT's de torneamento e as opções do menor tempo de fabricação para o maior tempo. À medida que os lotes ficam maiores o CT ótimo muda. Neste cenário é possível identificar rapidamente que o melhor CT para a fabricação de lotes menores é o CT TUE0005 e a pior opção é o CT TUE0006. Essa interpretação pode ser realizada, avaliando todos os centros de trabalho de torneamento.

	F	G	H	I	J	K	L	U	V	W	
Material Base											Opção
10023206											1 ^e
Qty	TUE0001	TUE0002	TUE0003	TUE0004	TUE0005	TUE0006				2 ^e	
1	16,46	20,74	20,69	20,81	16,38	20,87				3 ^e	
2	17,91	21,48	21,37	21,62	17,75	21,74				4 ^e	
3	19,37	22,22	22,06	22,44	19,13	22,61				5 ^e	
4	20,83	22,96	22,74	23,25	20,51	23,48				6 ^e	
5	22,29	23,70	23,43	24,06	21,89	24,35				7 ^e	
6	23,74	24,43	24,12	24,87	23,26	25,22					
7	25,20	25,17	24,80	25,68	24,64	26,09					
8	26,66	25,91	25,49	26,50	26,02	26,96					
9	28,11	26,65	26,17	27,31	27,39	27,83					
10	29,57	27,39	26,86	28,12	28,77	28,70					
11	31,03	28,13	27,55	28,93	30,15	29,57					
12	32,48	28,87	28,23	29,74	31,52	30,44					
13	33,94	29,61	28,92	30,56	32,90	31,31					
14	35,40	30,35	29,60	31,37	34,28	32,18					
15	36,86	31,09	30,29	32,18	35,66	33,05					

Figura 11. Centro de trabalho ótimo para a produção de eixos.
Fonte: Dados de pesquisa (O autor, 2020).

O sistema SAP possui uma opção de fazer a programação automática de forma inteligente e identifica o melhor fluxo para processar o lote de peças. Para que isso ocorra, o Analista de Processos precisa imputar as informações necessárias programando o material com tamanho de lote dentro da faixa de quantidade de peça ideal para aquela máquina e criando alternativa para outros CT's, caso a quantidade

programada para o lote fique fora da faixa ótima do CT ideal. Se o tamanho do lote ficar fora da faixa ideal para o CT de roteiro principal, o sistema busca o roteiro alternativo. Quando o material não possui um roteiro alternativo, o Programador de PCP é avisado através de um alerta e imediatamente identifica o CT ideal e solicita alternativa ao Analista de Processos.

5. DISCUSSÃO

Antes da realização do estudo a carga de máquina dos CT's de torneamento estava em 87%. Após a parametrização do processo de torneamento por tamanho de lote a mesma carga de máquina passou para 80%. Esse ganho representa uma redução de 7% na carga de máquina, comparando com o método anterior de programação. Com isso, se houver um aumento na demanda de produção proporcionalmente ao que foi reduzido, será possível absorver essa produção sem que haja capacitação. Foi confirmado que através desse estudo o processo que já era bem distribuído, pode ser melhor otimizado e com isso obter melhores resultados reduzindo o esforço para produzir a mesma quantidade de peças e lotes. Na Tabela 2 mostra a taxa de ocupação dos centros de trabalho após a parametrização do processo de torneamento.

Tabela 2 - Cenário com os centros de torneamento parametrizados.

CT	Tamanho do Lote	Cenário Parametrizado			
		Méd. pç/Op	Hrs Disp.	Carga maq. Hrs/ano	Tx. Ocup.
TUE0001	De 8 a 60 peças	25	3895,14	3213,62	83%
TUE0002	De 205 a 351 peças	276	3895,14	3084,03	79%
TUE0003	De 352 a 1000 peças	491	3895,14	3142,12	81%
TUE0004	De 131 a 204 peças	169	1946,34	1511,74	78%
TUE0005	De 1 a 7 peças	3	1946,34	1525,62	78%
TUE0006	De 61 a 130 peças	91	1946,34	1586,15	81%
	Total	176	17524,44	14063,29	80%

Fonte: O Autor (2020).

A Figura 12 mostra que com as mudanças, houve um maior equilíbrio no custo anual de todos os centros de trabalho. Os CT's TUE0001, TUE0002, TUE0003 trabalham em dois turnos, enquanto que os CT's TUE0004, TUE0005, TUE0006 possuem programação para apenas um turno. Isso explica a diferença mais discrepante entre estes centros de trabalho nos custos em 2019.

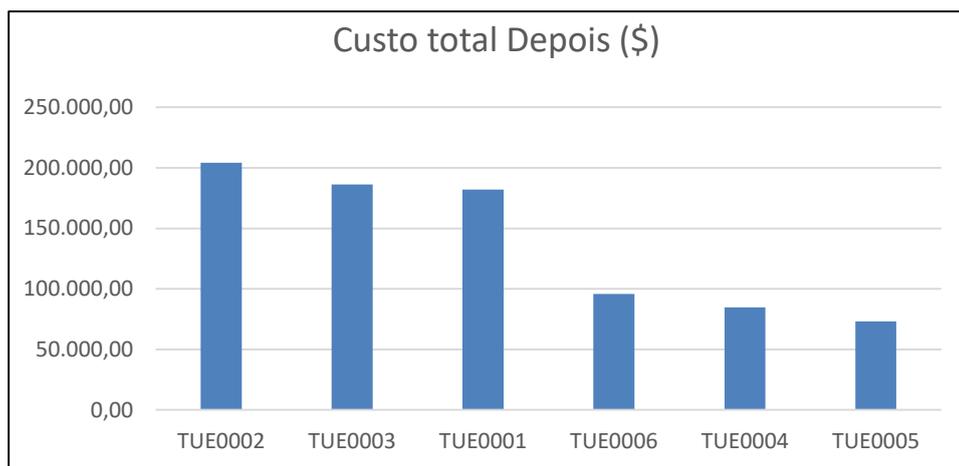


Figura12. Custo de produção dos centros de trabalho (\$) futuro.
Fonte: O autor (2020).

Também foi feito um novo MFV para mostrar que houve redução em tempo médio de *setup* e execução. O anexo 2 apresenta essa redução no tempo de *setup* e na execução.

Para a empresa estudada, a implantação desse trabalho será importante para reduzir custos desnecessários no processo produtivo, além de proporcionar maior facilidade para o pessoal do chão-de-fábrica ao direcionar o material ao centro de trabalho para aproveitar melhor a estrutura disponível. Antes do estudo havia uma necessidade muito grande de mudança manualmente de centro de trabalho, gerando perda de tempo com essas mudanças. Recomenda-se a expansão dos trabalhos para os processos seguintes, principalmente o processo de retificação que é visível potencial para obter ganhos.

É importante mencionar que a aplicação do MFV para este estudo facilita a visualização das mudanças e ajuda muito de forma ilustrativa mostrar a redução dos desperdícios, mas que a comprovação dos resultados se deu por planilhas de Excel.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo avaliou a implantação de uma sistemática para identificar o tamanho ideal do lote de peças produzidas em cada centro de trabalho de torneamento de eixos de motores da carcaça 63 a 100 no Departamento de Usinagem de componentes de aço. Foi aplicada a metodologia MFV, uma das ferramentas do STP para facilitar a visualização do processo como um todo. Também foi importante para a realização do trabalho o auxílio de planilhas fórmulas específicas de Excel, que tornaram possível comprovar os ganhos com a parametrização do processo de torneamento para a obtenção das informações e comprovação da eficácia das melhorias.

O Sistema Toyota de Produção possui várias ferramentas. Atualmente, são bastante utilizadas nas organizações, para identificar e eliminar as perdas e desperdícios (VIEIRA, 2006). Essas ferramentas são de fácil utilização e contribuem muito na obtenção de bons resultados dentro das organizações.

O Objetivo geral foi alcançado, pois o método utilizado se mostrou eficaz e pode ser comprovado neste estudo, pois através dele o tempo de setup e execução para o torneamento dos eixos reduziu em 7% do tempo total programado sem alterar o tamanho dos lotes e a quantidade total de peças. O tempo médio de *setup* reduziu em 1 min por lote, enquanto que o tempo de execução teve redução média de 1,20s por peça.

O trabalho pode ser expandido para outros centros de trabalho no Departamento de Usinagem de componentes de aço, pois existem mais 129 centros de trabalho com potencial de ganhos utilizando a metodologia. Como sugestão, indico as retificadoras que possuem tempo de processamento mais elevado e necessita de uma quantidade maior de máquinas para atender a demanda.

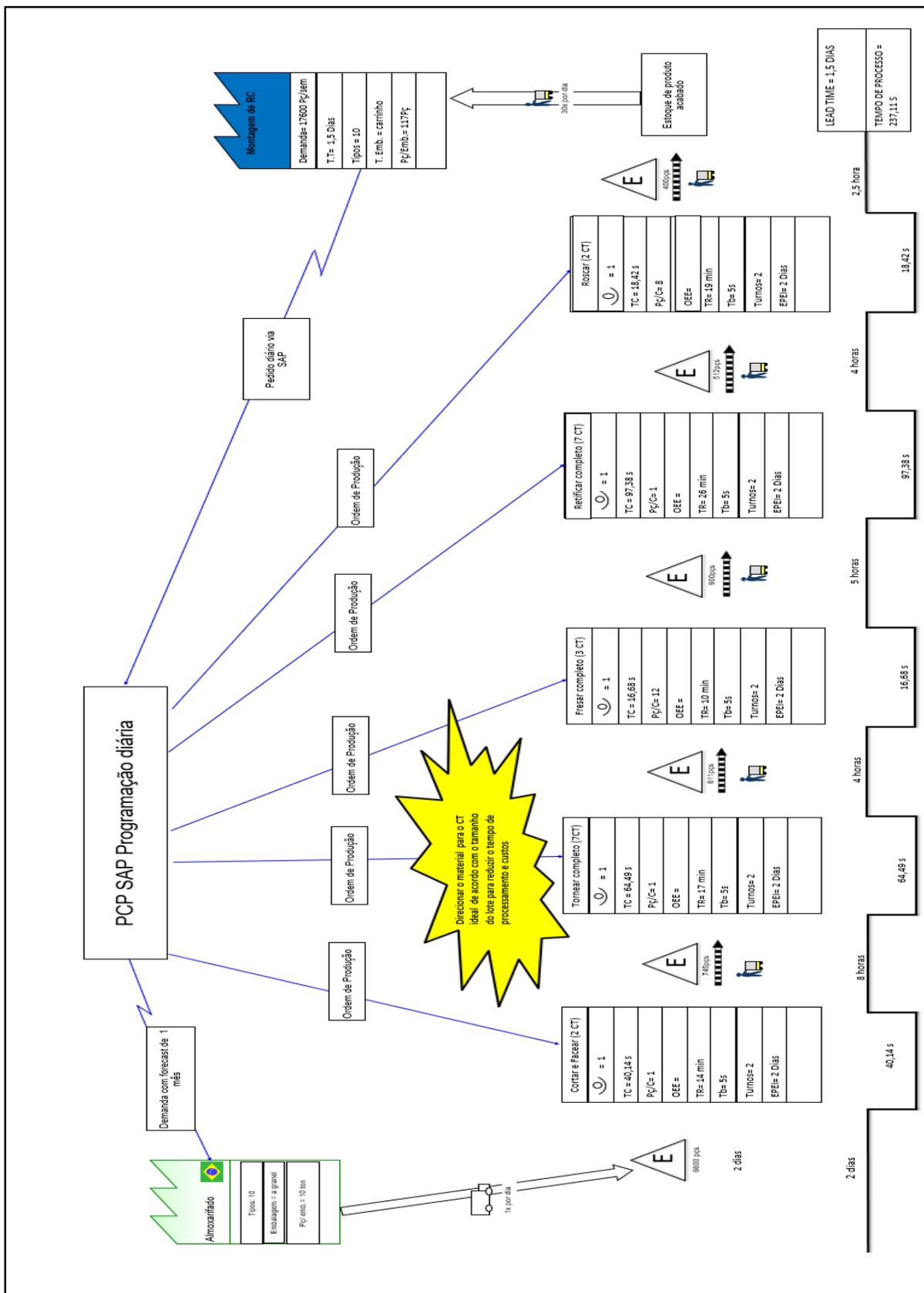
Finalmente, é importante mencionar que há uma integração muito boa entre as áreas dentro da organização, e o sucesso do trabalho só foi possível graças essa integração, onde todos contribuíram com as informações necessárias para a execução de todas as etapas do trabalho. É com esse pensamento, onde todos podem contribuir com as melhorias que a organização cresce e se mantém muito competitiva no mercado, mostrando que sempre é possível obter bons resultados.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, T. P. **Manufatura enxuta: dificuldades identificadas para implantação em indústrias de manufatura.** Universidade Federal da Bahia, 2008.
- CAMPOS, C., RODRIGUES, M., & OLIVEIRA, R. **Lean Manufacturing: Produção Enxuta. Revista Científica.** E-Locução, 2016.
- CARARETO, J.; TAVARES E. do V. **Gestão estratégica de custos: Custos na tomada de decisão. Revista de Economia da UEG,** Anápolis GO; 2003.
- CARAVILLA, M. A. **Lot-Sizing Lotes Econômicos de Produção.** FEUP, 1996.
- DANTAS FILHO, J. B. P.; BARROS NETO, J. de P.; ANGELIM, B. M. **Mapeamento do fluxo de valor de processo de construção virtual baseado em BIM.** Ambiente Construído, Porto Alegre RS; 2017.
- FERREIRA, A. J. **Custos industriais: Uma Ênfase Gerencial.** Editora STS, 2007.
- FERRO, J. R. **A essência da ferramenta “Mapeamento de Fluxo de Valor”.** Lean Institute Brasil. 2003.
- MACHLINE, C. **Modelo de Custo Mínimo na Administração da Produção.** Administração de Empresas. São Paulo, 1992.
- MELO, M. A.; LEONE, R. J. G. **Alinhamento entre as Estratégias Competitivas e a Gestão de Custos: Um Estudo em Pequenas Empresas Industriais do Setor de Transformação. Brazilian Business Review,** v. 12, n. 5, 2015.
- POMPERMAYER C.B.; Lima J.E.P. **Gestão de custos:** Mendes JTG, organizador. Finanças empresariais. Curitiba: Associação Franciscana de Ensino Senhor Bom Jesus, 2002.
- VIEIRA, M. G. **Aplicação do mapeamento de fluxo de valor para avaliação de um sistema de produção.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Florianópolis SC, 2006.

ANEXOS

ANEXO 1 - MFV DO SISTEMA ATUAL



ANEXO 2 - MFV DO SISTEMA FUTURO

