

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ALICE FERREIRA COURA

**ESTUDO DA CAPACIDADE PRODUTIVA NO PROCESSO DE UMA
INDÚSTRIA DE FERRAMENTAS: UM ESTUDO DE CASO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2016

ALICE FERREIRA COURA

**ESTUDO DA CAPACIDADE PRODUTIVA NO PROCESSO DE UMA
INDÚSTRIA DE FERRAMENTAS: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado as Curso de Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica do Paraná, como requisito à parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Yslene Rocha Kachba

PONTA GROSSA

2016



1. Ministério da Educação

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS PONTA GROSSA

Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção



TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC

ESTUDO DA CAPACIDADE PRODUTIVA NO PROCESSO DE UMA INDÚSTRIA DE FERRAMENTAS: UM ESTUDO DE CASO

Por

Alice Ferreira Coura

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 30 de Junho de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Yslene Rocha Kachba
Prof. Orientador

Prof. Fábio José Ceron Branco
Membro titular

Prof. Juan Carlos Claros Garcia
Membro titular

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso (ou Programa)”.

Agradecimento

Agradeço primeiro a Deus pela vida e força concedida para eu conseguir vencer esta batalha e ainda colocar em meu caminho pessoas tão boas.

Aos meus pais, Joaquim e Márcia, pelo amor incondicional e por todo o suporte, emocional, psicológico e financeiro, necessário para que esta caminhada pudesse ser realizada de forma saudável, até mesmo nos momentos de grandes saudades.

Ao meu irmão Pedro, pelo carinho de sempre e por estar sempre disposto a ajudar.

As minhas tias queridas Cocota e Tetela, sempre carinhosas e amorosas e que inúmeras vezes deixei chorando na hora de voltar para o Paraná.

Aos meus amigos feitos no Paraná por me acolherem tão bem e que levarei em meu coração para onde eu for. E aos amigos de Minas pelo carinho mesmo à distância.

A minha orientadora Yslene sempre presente para me auxiliar nesta reta final.

A todos os professores que contribuíram para a minha formação profissional e crescimento pessoal.

As pessoas em geral que torceram para a conclusão deste trabalho e desta etapa.

RESUMO

Coura, Alice Ferreira **Estudo Da Capacidade Produtiva No Processo De Uma Indústria De Ferramentas: Um Estudo De Caso**. 2016. 89 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2016.

Com a globalização, o cenário empresarial encontra-se cada vez mais competitivo. Por isso as empresas buscam melhorias na sua eficiência produtiva. Visando este cenário o presente trabalho tem o objetivo de analisar e propor melhorias no processo de fabricação de dobradiça de porteira em uma forjaria de médio porte no interior de Minas Gerais com a finalidade de expandir sua capacidade produtiva e diminuir desperdícios. Para isto foram realizados o estudo dos tempos e o mapeamento do fluxo de valor com a Simulação do processo realizada no Flexsim. Para a realização do estudo de caso foi aplicado na empresa os conceitos do estudo dos tempos e da manufatura enxuta, principalmente a ferramenta de mapeamento do fluxo de valor. Com ela a empresa consegue encontrar seus pontos de desperdício e buscar eliminá-los. A metodologia da pesquisa utilizada é classificada como exploratória em forma de estudo de caso. Através do mesmo foi desenhado o mapa de fluxo de valor atual da empresa, em seguida foram identificados os pontos de possíveis melhorias, como o melhor aproveitamento do tempo e funcionários e redução dos estoques intermediários. Por último foi elaborado o mapa de valor futuro, que apresenta como ficará a produção após implementar as melhorias.

Palavras-chave: Estudo dos tempos e métodos. Planejamento e controle da produção. Simulação do Flexsim. Mapa de fluxo de valor. Indústria de ferramentas.

ABSTRACT

Coura, Alice Ferreira. **Study Of Production Capacity In Case Of A Tools Industry: A Case Study**. 2016. 89 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2016.

With the globalization, the business scenario has becoming increasingly competitive. Thus, the companies seek for improvements in their productive efficiency. Having this situation in mind, this study aims to analyze and propose improvements to a farm gate hinge manufacturing process in a medium-size forging in Minas Gerais in order to expand its production capacity and reduce waste. To achieve this objective, studies and the mapping of the value stream and Flexsim simulation were performed from time to time. To carry out the case study, it was applied in the company concepts of time's study and lean manufacturing, mainly the mapping tool of value stream. With it the company can find its waste points and try to identify a way to eliminate them. The research methodology used in this study is classified as exploratory in form of case study. Through it was designed the current value stream map of the company, then the points of possible improvements were identified, as the best use of time and employees and also the reduction of intermediate stocks. Finally, it was drawn a map of future value, which shows how the production will be after implementing improvements.

Keywords: Study from time to time and methods. Planning and production control. Flexsim simulation. Value stream map. Machine tool industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

QUADRO 1 – As classificações dos sistemas de produção de acordo com Fernandes e Godinho Filho (2010).....	23
QUADRO 2 – As classificações dos sistemas de produção de acordo com Tubino.....	24
FIGURA 1 – Dinâmica da programação empurrada.....	25
FIGURA 2 – Dinâmica da programação puxada.....	26
FIGURA 3 – Programação da produção de acordo com os níveis hierárquicos do PCP.....	27
FIGURA 4 – Fluxograma para utilização da mapa de fluxo de valor.....	36
FIGURA 5 – Torquês armador 12”.....	41
FIGURA 6 – Dobradiça de porteira C.00.....	41
FIGURA 7 – Fluxograma do Processo.....	43
FIGURA 8 – Mapa do fluxo de valor do processo 1: peça reta.....	57
FIGURA 9 – Mapa do fluxo de valor do processo 2: peça volta.....	57
FIGURA 10 – Mapa do fluxo de valor processo 3: conjunto.....	58
FIGURA 11 – Mapa do fluxo de valor do processo 1: peça reta	64
FIGURA 12 – Mapa do fluxo de valor do processo 2: peça volta.....	65
FIGURA 13 – Figura 12: mapa do fluxo de valor processo 3: conjunto.....	65
FIGURA 14 – Simulação do processo presente pelo Flexsim.....	74
FIGURA 15 – Simulação do processo pelo Flexsim.....	75
GRÁFICO 1 – Produção em porcentagem de cada tipo de dobradiça produzido no ano de 2014.....	46
GRÁFICO 2 – Vendas de dobradiças de porteira durante 15 meses.....	47

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Quantidade de peças vendidas por mês entre janeiro de 2014 e março de 2015.....	47
TABELA 2 – Previsão de demanda por ajustamento exponencial para tendência e erro entre previsão de demanda para a dobradiça C.00.....	48
TABELA 3 – Previsão de demanda por ajustamento exponencial para tendência e erro entre previsão de demanda para a dobradiça C.01.....	49
TABELA 4 – Tempo padrão do lote e de cada peça da dobradiça C.00.....	52
TABELA 5 – Tempo padrão do lote e de cada peça da dobradiça C.01.....	52
TABELA 6 – Tempo padrão ponderado de cada operação.....	53
TABELA 7 – Tempo de produção de uma peça em cada etapa e o tempo total para produção do lote	59
TABELA 8 – Eficiência das operações	59
TABELA 9 – Tempo padrão do lote e de cada peça da dobradiça C.00.....	61
TABELA 10 – Tempo padrão do lote e de cada peça da dobradiça C.01.....	62
TABELA 11 – Tempo ponderado de cada operação.....	62
TABELA 12 – Tempo de produção de uma peça em cada etapa e o tempo total para produção do lote	63
TABELA 13 – Eficiência das operações	63
TABELA 14 – Número de observações por operação da dobradiça C.00 e C.01.....	69
TABELA 15 – Tempo das operações da dobradiça C.00.....	70
TABELA 16 – Tempo das operações da dobradiça C.01.....	71
TABELA 17 – Número de observações por finalização.....	71
TABELA 18 – Tempo das finalizações da dobradiça C.00.....	72
TABELA 19 – Tempo das finalizações da dobradiça C.01.....	73
TABELA 20 – Tempo de <i>setup</i> de cada operação.....	73

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVO GERAL	10
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
1.3 JUSTIFICATIVA	10
2. REVISÃO DA LITERATURA	12
2.1 TAYLORISMO	12
2.2 FORDISMO	13
2.3 TOYOTISMO.....	14
2.4 TEMPOS E MÉTODOS.....	15
2.4.1 Cronoanálise	17
4.1.2 <i>Setup</i>	21
4.2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP).....	21
4.2.1 Classificação dos Sistemas Produtivos	23
4.2.2 Níveis Do PCP	26
4.2.3 Previsão de demanda	29
4.2.4 Técnicas de previsão	31
4.2.5 Balanceamento de Linha.....	33
4.2.6 Mapeamento do Fluxo de Valor	34
3. METODOLOGIA DA PESQUISA.....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 A EMPRESA	39
4.2 FAMÍLIA DE PRODUTOS ESTUDADA.....	40
4.3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO	41
4.4 ANÁLISE DO FLUXO DA PRODUÇÃO	45
4.5 ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO	54
4.6 MAPA DO ESTADO ATUAL.....	55
4.7 MAPA DO FLUXO DE VALOR DO ESTADO FUTURO	60
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
APÊNDICE.....	69
REFERÊNCIAS.....	76

2. INTRODUÇÃO

Houve uma evolução perceptível do sistema de manufatura para que a mesma se ajustasse ao momento histórico, à economia, ao desenvolvimento tecnológico e as questões sociais. No fim do século XX esta mudança foi mais significativa devido à instabilidade do mercado e a mudança em relação aos concorrentes, tudo isso ocorreu devido à globalização (GOMES, 2002).

O mercado globalizado fez nascer a era das cadeias de fornecimento globais o que aumentou as dimensões de competitividade e exigiu melhoras na eficiência do processo. Para, assim, a empresa conseguir aumentar sua competitividade sem perder a qualidade e confiabilidade no processo (SCHUH, 2014).

A globalização deu fim às fronteiras, assim a concorrência ficou acirrada em todos os setores de atividades entre empresas de vários países. Com essa mudança de mercado e avanço tecnológicos está sendo necessário também a mudança no sistema manufatureiro. (GOMES, 2002).

Na indústria de fabricação de ferramentas forjadas para uso na agricultura houve uma evolução dos processos com novos métodos, equipamentos e materiais, o que garantiu uma melhora na produção e a possibilidade de fabricar peças mais complexas (RAMOS, 2011).

As melhoras no meio de produção são eficientes, mas para garantir maior produtividade é necessário que estas sejam complementadas pelas melhorias no processo produtivo como o planejamento e análise de melhorias.

Um grande aliado para as melhorias do processo é a empresa possuir um PCP estruturado e eficiente. Através dele é possível aumentar a confiabilidade, qualidade, flexibilidade, rapidez para atender o cliente com o produto e prazo esperado (LUSTOSA, L., 2008).

Alinhado ao PCP há também o estudo dos tempos e métodos. O último é usado para analisar os tempos e os movimentos de cada tarefa exercida na produção a fim de encontrar formas mais simples e eficazes de executar as tarefas. Além disto, ele auxilia no encontro e redução ou eliminação de desperdícios, de tempo, material ou mão de obra (CUNHA, 2012).

O estudo dos tempos e métodos é uma forma da empresa conseguir dados confiáveis sobre o seu processo para usá-lo em sua programação da produção. Desta

forma todo o planejamento da produção será mais confiável, principalmente quanto aos prazos.

Para a empresa expandir e se manter competitiva é preciso fazer uso de várias ferramentas que unidas oferecem uma gama de informações sobre o processo produtivo da empresa. Estas são a base para um estudo de possíveis melhorias no processo. Neste sentido o trabalho traz o seguinte questionamento: A partir da utilização do PCP, do estudo dos tempos e da utilização da ferramenta mapa de fluxo de valor na linha de produção da dobradiça de porteira em uma indústria de forjados, quais as possíveis melhorias no processo para aumentar sua capacidade produtiva?

1.1 OBJETIVO GERAL

Identificar e analisar as possíveis melhorias no processo de uma linha de dobradiças de porteira, a partir do estudo de tempos, mapa de fluxo de valor e PCP, com a finalidade de expandir sua capacidade produtiva.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Mapear o fluxo de valor da dobradiça de porteira;
- ii. Identificar as possíveis melhorias;
- iii. Propor melhorias para eliminar os desperdícios e assim diminuir o *lead time*;
- iv. Propor melhorias no processo para aumentar a capacidade produtiva;
- v. Apresentar a projeção dos ganhos em um estado futuro;

1.3 JUSTIFICATIVA

Com a globalização industrial o mercado se tornou mais competitivo, com isso as empresas necessitam de encontrar formas de melhorar seu desempenho para se manter no mercado. A literatura abrange várias ferramentas para isso, entre elas estão o estudo dos tempos e métodos, o PCP e o mapeamento do fluxo de valor.

O tempo de produção interfere diretamente no custo fixo do produto. Com o melhor aproveitamento do tempo e do uso da mão de obra e maquinários é possível encontrar formas de reduzir o custo fixo. Com o estudo dos tempos e métodos é

possível localizar onde há desperdício de recursos para eliminá-lo além de ser possível localizar os possíveis gargalos da produção.

Outros recursos como excesso de matéria prima e produto acabado também geram custos extra. O material parado gera custo no depósito e perda do capital de giro. A programação planejada ligada ao estudo de demanda é uma ferramenta para impedir que ocorra excesso de um tipo de produto no estoque e a falta de outro produto no mercado. Esta ferramenta também fornece ações para garantir que a mercadoria seja entregue no tempo esperado pelo cliente. O PCP auxilia para que a tomada de decisão seja a mais apropriada de acordo com a demanda, o estoque e produção. Ela garante que todas as tarefas ocorram de acordo com o planejamento estratégico da empresa. Com ele é possível também garantir que o produto saia dentro dos padrões esperados e, caso ocorra algum desvio na produção, ela atuará o mais rapidamente, corrigindo-a.

Os próximos capítulos trarão a revisão da literatura usada para a execução do estudo de caso. O estudo de caso no setor das dobradiças de porteira e o resultado obtido através dele.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo será abordada a revisão da literatura com abordagem dos tópicos importantes para a realização do estudo. Inicialmente é feito um estudo histórico do Taylorismo, Fordismo e Toyotismo. As sub-seções seguintes abordam os temas de tempos e métodos, o PCP e o mapeamento do fluxo de valor, assuntos necessários para a realização do estudo de caso.

2.1 TAYLORISMO

Taylor começou sua carreira como operário em uma companhia de aço e evoluiu nos cargos até se tornar engenheiro chefe. Ele é considerado o pai dos estudos dos tempos por ser a primeira pessoa a usar cronômetros para fazer experiências. Seu estudo era baseado na medição como a melhor forma de conseguir uma melhora na eficiência produtiva (CHEIKHROUHOU, HACHEN, GLARDON, 2009).

O seu método é conhecido como Taylorismo e consiste no estudo de tempos e movimentos com a divisão do trabalho de forma rigorosa, planejamento prévio e detalhado, trabalhos específicos e descrição detalhada das tarefas (BJÖRKMAN, 1984).

Entre as décadas de 20 e 40 o casal Gilbreth estudaram os movimentos. Seus estudos variaram de alvenaria até a cirurgia. Eles usaram câmeras pela primeira vez para estudar as variáveis relacionadas a trabalho: o trabalho, o ambiente e as ferramentas e o movimento (HOUGH, WHITE, 2001 e BJÖRKMAN, 1984).

De acordo com Hough e White, (2001) o casal Gilberth em seus estudos relataram que o maior desperdício do mundo está nos momentos desnecessários, mal direcionados e ineficazes.

As ideias propostas nos estudos de Taylor auxiliam na compreensão das complexidades organizacionais. Estudos na área da ciência da administração, os tempos padrão, procedimentos padronizados, definição de metas, avaliação de desempenho, sistema de recompensas, treinamento de funcionários e pessoal,

sistemas de seleção são consequências das ideias de Taylor (HOUGH, WHITE, 2001).

Os mesmos Hough e White (2001) afirmam que os métodos de Taylor podem ser aplicados em qualquer tipo de trabalho desde os mais elementares até os mais complexos. Mas os princípios básicos de Taylor necessitam de uma gestão que aceite a responsabilidade pelo planejamento dos estudos do trabalho para encontrar o melhor método, selecionar os trabalhadores e formá-los com os procedimentos padronizados

Os princípios de Taylor ainda são uma base para a gestão, principalmente nas gestões de operações. Sistemas que dependem da normalização dos processos e medição precisa dos tempos, como os sistemas de produção repetitivas, possuem em sua base os princípios da Taylor (HOUGH, WHITE, 2001).

Taylor foi quem iniciou os trabalhos de estudos dos tempos e o casal Gilbreth aprofundaram com os estudos dos movimentos, ambos com a finalidade de melhorar o desempenho da produção. Através desses trabalhos foi possível os estudos de técnicas para padronizar o processo e garantir maior confiabilidade e qualidade dos produtos.

2.2 FORDISMO

Henry ford foi o fundador da Ford Motor *company* e em 1908 foi lançado o modelo T, considerado um sucesso graças ao seu desempenho e preço. Durante toda a vida do modelo foram feitos aperfeiçoamentos para melhorar a velocidade da produção, os cortes de custos e aumentar o apelo do cliente, no total foram gerados onze principais modelos (ALIZON, SHOOTER, SIMPSON, 2009).

Em 1920 o controle total da produção foi alcançado com 100% da produção na própria fábrica. Todo o modelo T era feito em uma plataforma para promover a partilha dos módulos, componentes processos de fabricação e redução dos custos de cada produto. Como a parte inferior do produto era comum em todos os modelos e apenas o corpo de cada modelo específico era possível usar a mesma plataforma para todos os modelos Ts. A plataforma evoluiu ao longo do tempo sendo melhorada. Estas mudanças beneficiaram todos os modelos da linha T (ALIZON, SHOOTER, SIMPSON, 2009).

O fordismo usou e aperfeiçoou os estudos de Taylor tornando-o mais abrangente. Este método introduziu esteiras de montagem para diminuir o desperdício de tempo gasto com a busca pelo material de produção. Atualmente, mesmo com os avanços tecnológicos, esta técnica é empregada em inúmeras empresas.

2.3 TOYOTISMO

A Toyota Motor *Company* iniciou o Sistema Toyota de Produção no fim da II Guerra Mundial. Nesta época a indústria automotiva no Japão era pequena e com os estragos causados pela guerra não seria possível implementar o Fordismo (VILLA, TAURINO, 2013).

Ringen et al. (2014) completa que o sistema em massa usado na Ford era constituído de inúmeros desperdícios e impróprio para ser implementado com sucesso no mercado e cultura do trabalho japonês.

Eles perceberam o papel importante dos estoques e a capacidade intelectual de seus funcionários para a evolução da empresa. Desenvolveram planejamentos no fluxo da produção mais eficientes através dos pequenos lotes (VILLA, TAURINO, 2013).

O *Just in Time* (JIT) é considerado uma filosofia que busca constantemente reduzir desperdícios como resíduos, excesso de estoque, operações desnecessárias e peças fora do padrão da qualidade. Sua eficiência foi comprovada no ano de 1973 com o choque petrolífero, quando a Toyota conseguiu manter um bom desempenho per meio da diversificação da produção e gestão dos fluxos (VILLA, TAURINO, 2013).

Algumas ferramentas chaves para a produção são os sistemas *kanban* que são responsáveis pela movimentação de matéria prima e materiais dentro da produção e pelo seu monitoramento. Há também o *Kaizen*, que são grupos de funcionários envolvidos em um monitoramento da produção que se unem para estudar melhorias e implementá-las. Unindo estas ferramentas há a filosofia da abordagem de estoque zero que é a redução dos estoques através do entendimento dos reais motivos de seu acúmulo (VILLA, TAURINO, 2013).

A diminuição de estoques está ligada ao tempo de *setup*. A diminuição deste possibilita a produção de lotes menores e aumenta a qualidade dos produtos com a

redução de peças defeituosas. Quanto ao fornecedor, sua confiabilidade é essencial para reduzir os estoques de segurança (VILLA, TAURINO, 2013).

O JIT preza que se deve possuir fornecedor respeitável disponível e se possível com depósitos perto da fábrica. Assim é possível garantir que as peças cheguem nos prazos estipulados e os custos com as entregas tendem a serem menores (VILLA, TAURINO, 2013).

Jayaram et al. (2010) completam que estes princípios estão diretamente ligados aos ganhos de desempenho através da eficiência em resolver problemas. Um dos objetivos do JIT é detectar, avaliar e eliminar as variações do sistema atuando em sua fonte.

Os mesmos autores ainda mostram que, além disso, há integração entre a parte interna e externa da empresa. Ou seja, entre os funcionários da empresa, os fornecedores e os clientes. Estas ligações são importantes para o desempenho geral do sistema uma vez que com as contribuições dos envolvidos nas etapas é possível identificar variâncias no processo.

O Toyotismo se desenvolveu com o pensamento de manufatura enxuta. Este método de produção tem como base as ideias do fordismo e o taylorismo, mas foram aprimoradas para um sistema com menos estoques, maior confiabilidade e com maior colaboração entre empresa, funcionários, fornecedores e clientes. Estas ideias são aplicadas na manufatura enxuta que visa a diminuição de desperdícios.

2.4 TEMPOS E MÉTODOS

Ao longo do tempo é possível observar um crescimento nas áreas de conhecimento ligadas ao aumento da produtividade de uma organização e de seus indivíduos. Esta área do conhecimento chamada estudo dos tempos e movimentos tem o objetivo de eliminar trabalho desnecessário através do estudo e análise dos métodos e procedimentos (SALEH, 2011).

Os objetivos do estudo dos tempos e métodos são principalmente eliminar desperdícios de esforço por parte dos trabalhadores, treinar e especializar os funcionários e por último estabelecer normas para a execução do trabalho. Seus

benefícios são o aumento da eficiência através de treinamentos, a melhora dos procedimentos e dos produtos, diminuição da variabilidade do processo, diminuição dos custos e a aprendizagem correta de como executar as tarefas (CUNHA, 2012 e BONATTO, 2013).

Barnes (1977) completa que o estudo dos tempos é usado para determinar qual o tempo necessário para uma pessoa qualificada e treinada executar o trabalho em um ritmo normal. Suas finalidades são estabelecer e planejar as programações de trabalho, determinar os custos-padrão, estimar os custos de um produto antes de fabricá-lo, determinar a eficiência das máquinas e determinar os tempos-padrão.

Este estudo pode ser aplicado em todas as etapas do processo de fabricação através da análise para identificar a melhor forma de executar cada processo. Após esta ser encontrada buscam-se mudanças para obter reduções no tempo de produção e melhorar a qualidade dos produtos sem a formação de gargalos e diminuir as variabilidades no processo (BONATTO et al., 2014).

Cunha (2012) também mostra que a produtividade é medida pela relação entre os objetivos e os resultados. A organização busca continuamente o aumento do lucro através da produtividade. Por isso busca adotar meios de eliminar desperdícios e aumentar o sucesso. Existem formas de aumentar a produtividade. Entre elas estão:

- A organização da produção em que, o planejamento dos trabalhos é realizado com antecedência;
- A normalização de procedimentos e produtos;
- Redução das paradas no funcionamento das máquinas;
- Máquinas em bom estado para trabalharem sem desrespeitar os procedimentos de utilização;
- Redução ou eliminação de desperdícios;
- Controle do estoque para evitar paradas por falta de matéria prima;
- Promover a constante formação e motivação dos funcionários.

Estes tempos são a base para o cálculo do tempo padrão, os indicadores de produtividades e indicadores da qualidade. Sendo assim os documentos obtidos pelo estudo dos tempos acompanham todo o processo evolutivo da empresa. O tempo padrão é o que determina qual o tempo da produção, com parâmetros ligados à produtividade (ANIS, 2010).

Conforme Bonatto (2013) estes tempos também são importantes para construir a Folha de processo, ferramenta de apoio na padronização das atividades. Com a padronização a empresa consegue melhorar o controle dos processos de fabricação, a qualidade dos produtos e serviços, alcançar uma satisfação dos clientes e fazer uma análise de melhorias dos processos.

A padronização do trabalho garante através dos modos quase idênticos de produção que os produtos são produzidos com a mesma qualidade e semelhanças. (CUNHA, 2012)

O estudo dos tempos e movimentos através das ferramentas apresentadas é uma forma da empresa conseguir controlar e alcançar objetivos. É obtida a melhoria da qualidade pela padronização, confiabilidade pela garantia da entrega na data prevista e aumento da produtividade pelos estudos da melhoria do processo de produção. Isto faz do estudo de tempos e métodos uma ferramenta importante para um bom processo produtivo.

O estudo de tempos e métodos é importante em uma empresa porque através dele se obtém os dados reais para formar indicadores confiáveis. A cronoanálise é a ciência responsável pela obtenção dos dados reais da empresa, ela é feita através da medição dos tempos reais e não em tempos estimados ou obtidos através dos dados históricos (ANIS, 2010).

2.4.1 Cronoanálise

A cronoanálise é uma ferramenta dos estudos dos tempos responsável pela análise dos tempos obtidos pela cronometragem. A cronometragem é responsável pelos valores de referência, as variáveis dependentes dos tempos e o tempo real de cada operador, além da avaliação dos tempos (CUNHA, 2012).

A cronometragem possui terminologia especial. Algumas definições para a cronometragem são: elemento, elemento constante, elemento variável, elemento cíclico, elemento estranho, ciclo, elemento normalizado, ritmo normal, tempo normal,

avaliação de ritmo, hora padrão, tempo padrão, e tolerâncias ou suprimentos (TOLEDO, 2004)

Para Barnes (1977) há etapas para a execução dos estudos de tempos. Há sete principais operações estão nas subseções seguinte.

4.1.1.1 Obter e registrar as informações da operação e do operador

Nesta etapa é feita a análise para descobrir se a operação está preparada para o estudo de tempos quanto aos métodos, as ferramentas e velocidade das máquinas. Analisar se o operador está qualificado e treinado para a operação.

4.1.1.2 Dividir a operação em elementos

Nesta etapa é feita a divisão a operação em elementos curtos e mensuráveis para a cronometragem individual. As divisões e descrições da mesma devem ser registradas;

Toledo (2004) mostra que o ciclo de trabalho pode ser dividido em elementos. Os três principais elementos são:

- Preparar (ou carregar);
- Fazer (ou processar);
- Descarregar.

Toledo (2004) também mostra que os principais motivos para essa divisão são:

- Conseguir um detalhamento de cada método cronometrado;
- Conseguir reconstruir o método se for necessário;
- Fazer a verificação de cada tempo de ciclo e conferir se está regulado, se não estiver, conseguir definir as causas dos excessos de erros;
- Fazer avaliação de cada operário e elementos individualmente;
- Fazer a padronização dos tempos para cada sequência.

Toledo (2004) completa que há algumas regras para definir a sequência de movimentos de cada elemento de trabalho. As regras são:

- Um elemento possui início e fim além de ser a mínima porção de tempo mensurável;
- A duração de um elemento deve ser o suficiente para que seja possível uma tomada de tempo;

- A decomposição e a descrição dos elementos devem ser claras e precisas para que outras pessoas consigam utilizar com facilidade e também para que possa ser incorporada em um sistema de padronização de elementos;
- A separação dos elementos deve ser feita entre manuais ou de máquinas e constantes (sem variação do tempo normalizado) ou variáveis (com variação do tempo normalizado).

4.1.1.3 Observar e registrar o tempo gasto pelo operador

Anis (2010) explica que durante a tomada de tempo de uma operação vários ciclos são cronometrados. Entre estes ciclos há variações, pela imperícia do operador, deficiência de leitura do cronômetro ou por outros motivos da operação ou da máquina. Essas variações são chamadas elementos anormais.

Anis (2010) também explica que os elementos cíclicos são os que se repetem a cada peça produzida em um posto de trabalho ou em uma máquina. Os elementos acíclicos não se repetem em cada ciclo, mas são necessários para a operação. Entre os exemplos de elementos acíclicos são a lubrificação dos equipamentos e ferramentas e o controle do dimensionamento do produto.

Para Anis (2010) o elemento estranho é caracterizado pela interrupção não regular no ciclo de trabalho, como por exemplo deixar a ferramenta cair no chão ou as conversas com os colegas durante o trabalho.

4.1.1.4 Determinar o número de ciclos

Por ser um processo de amostragem o número de ciclos é proporcional a sua representatividade nos resultados. A fórmula de cálculo do número de amostras para o nível de confiança de 95% e erro relativo de $\pm 5\%$, apresentado por Barnes (1977) é:

$$N' = \left(\frac{40 \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad (1)$$

Onde:

N' = número necessário de observações para prever que a amostra contenha nível de confiança de 95% e erro relativo de 5%;

N = número efetivo de observações do elemento;

X = leitura do cronômetro individual;

4.1.1.5 Avaliar o ritmo do operador

Analisar a velocidade do operador em relação a sua opinião sobre a velocidade normal da operação para o estudo. Pode ocorrer erro de leitura do cronômetro com velocidades muito altas ou muito baixas, essas amostras devem ser descartadas. O fator de ritmo é usado para calcular o tempo normal. O tempo normal é apenas o tempo que um operador qualificado execute uma operação em ritmo normal. Barnes (1977) apresenta que a fórmula para calcular o tempo normal é:

$$\text{tempo normal} = \text{tempo selecionado} \times (\text{ritmo percentual})/100 \quad (2)$$

Anis (2010) explica que o tempo normalizado ou normal é um tempo ajustado para que um funcionário qualificado realize um elemento na operação, ciclo ou elemento pelo método preestabelecido. O tempo normal é também a soma dos tempos de elementos normais.

De acordo com Anis (2010) o ritmo normal é o ritmo de trabalho do funcionário qualificado sob supervisão adequada. O ritmo de trabalho normal não deve causar fadiga física ou mental em excesso.

4.1.1.6 Determinar as tolerâncias

Os tipos de tolerância são as pessoais, para fadiga e tolerância de espera. A tolerância pessoal é o tempo usado para necessidades pessoais. Nos trabalhos leves essa tolerância é de aproximadamente 5%. Com a melhora das condições de trabalho esta tolerância se tornou cada vez menor. Ela é dada para trabalhos que envolvem esforço físico pesado para proporcionar o descanso do trabalhador. Tolerâncias para espera são causadas pela máquina, operador ou por uma força externa e não são computadas para o cálculo do tempos-padrão.

4.1.1.7 Determinar o tempo-padrão da operação

Tempo padrão é o tempo necessário para que um operador qualificado realize o trabalho em um ritmo normal. O trabalhador precisa de algumas interrupções como as necessidades pessoais, descanso ou razões alheias à seu controle. Ele é o tempo

determinado para que um operário qualificado que trabalha em um ritmo normal com possíveis demoras e fadigas normais execute uma certa qualidade de trabalho definida de acordo com os métodos estabelecidos. Tempo padrão é a soma do tempo normal e as fadigas, tolerâncias e demoras (SALEH, 2011).

Barnes (1977) define que o cálculo do tempo-padrão pode ser feito através da fórmula:

$$\textit{tempo padrão} = \textit{tempo normal} + (\textit{Tempo normal} \times \textit{tolerâncias em \%}) \quad (3)$$

4.1.2 Setup

Setup de acordo com Bonatto (2013) é o tempo gasto para execução de todas as tarefas necessárias desde o fim do lote anterior até o início do próximo lote. Essas tarefas são de preparação do equipamento para a produção do próximo lote.

4.2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP)

A globalização iniciada nos anos 90 mudou o foco da concorrência de apenas local para mundial. Com isso, as expectativas e necessidades dos clientes mudaram e para se manter competitivas no mercado as empresas foram forçadas a também melhorarem, principalmente nos quesitos desempenho da produção, que são: qualidade, confiabilidade, velocidade, flexibilidade e custos (LUSTOSA, L. *et. al*, 2008).

Fernandes e Godinho Filho (2010) também mostram que o sistema de produção é voltado para o cliente. Para suas necessidades serem satisfeitas questões como flexibilidade, controle de variabilidade e simplicidade estão sendo aplicados. Assim é possível alcançar os objetivos estratégicos como a qualidade, tempos, custo, variabilidade entre outros.

De acordo com Schuh et al. (2014) o PCP é essencial para atender as necessidades crescentes pela alta qualidade, pelos produtos personalizados e com preços competitivos.

O PCP tem como objetivo selecionar e definir o processo envolvido na transformação da matéria prima em um produto final específico. Ou seja, determinar

a viabilidade de processos e operações para que os produtos sejam fabricados sem quaisquer problemas (CIURANA, J. et al, 2001).

Também é função do PCP otimizar o fluxo de material e a utilização das máquinas, levando sempre em conta os objetivos da gestão da empresa, que são: redução do trabalho em andamento, aumento do rendimento, melhoria da capacidade de demanda em relação às mudanças e melhora das datas de entrega (CIURANA, J. et al, 2001).

Gomes (2002) explica que o PCP possui funções ligadas a organização e o planejamento dos processos de fabricação. Por isso suas decisões são voltadas para a otimização de recursos e materiais utilizados na produção, isto garante as datas e tempos mais precisos no processo de fabricação de produtos sejam cumpridos.

Tsay e Sato (2004) complementam que para acontecer a produção é preciso uma demanda de produto acabado, de montagem ou de matéria prima. Para que a demanda possa ser suprida no tempo estabelecido é importante o processo de planejamento e de agendamento. Eles determinam o horário de início e de fim do processo e é a unidade básica para controle da produção.

Para atender esses objetivos o PCP é uma ferramenta essencial e para um bom funcionamento é necessário alinhamento com as outras estratégias da empresa como o marketing e o projeto do produto e do processo (LUSTOSA, L., 2008).

Gomes (2002) vai de encontro com esse pensamento afirmando que o PCP é um meio de auxílio a tomada de decisão que deve ser priorizada pelos executivos por ter uma íntima relação com a área de custos, estoque, capacidade produtiva, o atendimento aos clientes pela velocidade e pontualidade da entrega e quanto à flexibilização para atender melhor a demanda.

Knollmann et al. (2014) possui um pensamento mais abrangente do PCP que inclui a logística. O autor afirma que esta melhora o *lead time* do processo e a elevação da confiabilidade das datas previstas. Com a confiabilidade nas datas é possível ter uma diminuição dos estoques, tempos de segurança e melhor desempenho do sistema de produção.

Além dos fatores internos da produção o PCP também é afetado pelos fatores externos como os fornecedores, as ações dos concorrentes, a política econômica. Por esse motivo é importante o fluxo de informações (GOMES, 2002).

Após analisar através dos autores citados nos parágrafos anteriores percebe-se que o PCP é essencial para o bom funcionamento de um sistema produtivo. Com ele é possível organizar de forma racional qual é a melhor forma de executar a produção para atender a demanda com os menores custos e maior eficiência.

4.2.1 Classificação dos Sistemas Produtivos

O sistema de produção nada mais é que um conjunto de elementos compostos por pessoas, equipamentos e procedimentos gerenciais que se relacionam para obter produtos finais com valor maior que sua produção (FERNANDES e GODINHO FILHO, 2010).

O Quadro 1 mostra as classificações dos tipos de produção de acordo com Fernandes e Godinho Filho (2010).

CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Sistema Contínuo	Poucas famílias de produtos similares feitos em grande quantidade
Sistema intermitente <i>flowshop</i>	Ocorrem mudanças de um produto para outro nos estágios produtivos. Neste processo há uma grande variedade de produtos. Neste sistema todos os itens têm a mesma sequência de operações
Sistema intermitente <i>jobshop</i>	Devido à grande variedade de produtos há mudanças nos estágios produtivos de um produto para outro. Neste sistema não a padronização das sequencias de operação
Sistema grande projeto	Sistemas feitos para produzir produtos complexos e algumas vezes únicos.

Quadro 1: As classificações dos sistemas de produção de acordo com Fernandes e Godinho Filho (2010)

Fonte: Adaptado de Fernandes e Godinho Filho (2010)

O Quadro 2 apresenta as classificações dos sistemas de produção de acordo com Tubino (2009):

CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS	PRINCIPAIS FUNÇÕES DO PCP
Sistemas contínuos	<ul style="list-style-type: none"> - Produção altamente uniforme; - Baixa flexibilidade; - Alto investimento em equipamentos; - Usada para bens de base como a energia elétrica, o petróleo e os produtos químicos; - O <i>lead time</i> baixo; - Alta demanda e baixa variação; - Os lotes de produtos e os <i>setups</i> são altos; 	<ul style="list-style-type: none"> - Administrar a logística de abastecimento e distribuição; - Cálculo dos materiais necessários;
Sistemas em massa	<ul style="list-style-type: none"> - Produtos padronizados e produzidos em grande escala; - Necessita de mão de obra especializada; - Usada nas empresas da ponta da cadeia produtiva, como as montadoras, grandes indústrias têxteis entre outras; - O <i>lead time</i> geralmente é baixo - Produtos com pouca variação e alta demanda; 	<ul style="list-style-type: none"> - Ditar o tempo de ciclo para mantê-lo alinhado à demanda; - Construir o Planejamento-mestre da Produção;
Sistemas em Lotes	<ul style="list-style-type: none"> -Produção de médio volume com padronização em lotes; - É relativamente flexível; - Os equipamentos e a mão de obra são mais abrangentes; - Os <i>lead time</i> são maiores e os <i>setups</i> são significativos; - Usado para os fornecedores de componentes para as linhas de montagens, as indústrias têxteis de tecelagens entre outras; - Normalmente sistema o <i>layout</i> em células; 	<ul style="list-style-type: none"> - Planejar a ordem de execução dos serviços a fim de reduzir os <i>lead times</i> e estoques;
Sistema sob encomenda	<ul style="list-style-type: none"> - É usado para atender as necessidades específicas de cada cliente; - Sua demanda é baixa e possui data para ser fabricado após finalizado; - Os custos produtivos deste sistema são os mais altos devido a ociosidade e a alta flexibilização; - As empresas que trabalham sob este sistema são as produtoras de navios, usinas hidroelétricas, entre outros; 	<ul style="list-style-type: none"> -O PCP participa desde a negociação do projeto com suas respectivas datas e os custos; - Atua no processo de programação e controle de toda a produção para evitar atrasos;

Quadro 2: As classificações dos sistemas de produção de acordo com Tubino
 Fonte: adaptado de Tubino (2009)

Fernandes e Godinho Filho (2010) exemplifica também classificações dos sistemas de produção de acordo com a demanda:

- *Make to stock*: produção para estoque tendo como base a previsão de demanda.
- *Quick response to stock*: a produção para estoque, mas com a finalidade de repor rapidamente o estoque;
- *Assembly to order*: a montagem feita por encomenda;
- *Make to order*: a fabricação é feita por encomenda, mas há estoques de insumos;
- *Resources to order*: os insumos são comprados por encomenda;
- *Engineering to order*: projeto feito por encomenda.

Além das classificações acima, Tubino (2009) classifica a produção como puxada e empurrada.

- Na programação empurrada é feito as avaliações das necessidades finais de demanda para serem liberadas as ordens de compras, de fabricação e de montagem. Depois disto fica à disposição para serem liberadas nos setores produtivos. Este tipo de programação recebe este nome porque cada vez que um posto de trabalho recebe a ordem e a executa ele “empurra” para a próxima etapa. (TUBINO, 2009)

A Figura 1 apresenta a dinâmica da programação empurrada

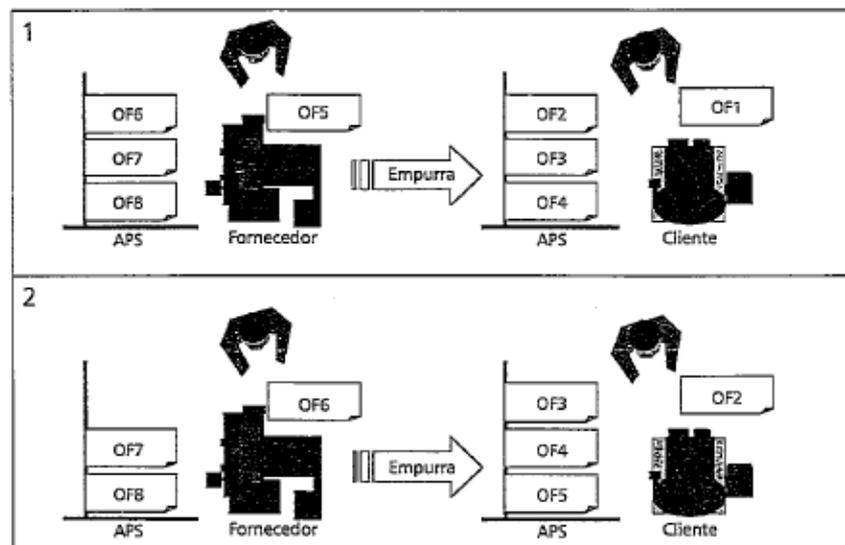


Figura 1: dinâmica da programação empurrada
Fonte: TUBINO (2009)

- Na produção puxada os materiais são comprados e armazenados de acordo com a previsão de demanda a disposição dos clientes. Quando há necessidade destes produtos os clientes internos recorrem aos supermercados onde eles estão

armazenados, isto gera uma ordem padrão. Esta programação possui este nome porque a autorização da produção parte de um cliente interno que “puxa” o lote de produção. (TUBINO, 2009)

Figura 2 apresenta a dinâmica de programação Puxada

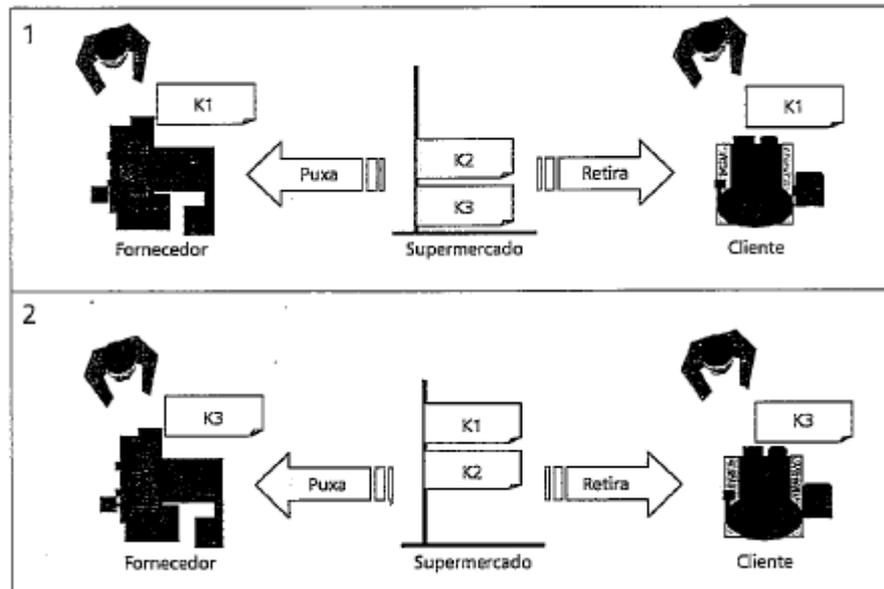


Figura 2: dinâmica da programação puxada
Fonte: TUBINO (2009)

Para as tomadas de decisão do planejamento do processo de produção é necessário ter em vista a complexidade dos produtos, e/ou sua lista técnica, o valor agregado, que está diretamente ligado com a atenção do processo de produção dos produtos, o grau de variedade dos produtos a nível de repetições do processo.

4.2.2 Níveis Do PCP

O PCP possui três níveis hierárquicos de atuação. O nível estratégico com a definição das estratégias da empresa a longo prazo com o planejamento da capacidade da planta e o planejamento agregado da produção. O planejamento tático que constrói os planos de médio prazo como o plano mestre de produção. Por último o nível operacional, responsável pelos planejamentos de curto prazo, resultando o *Material Requeriment Planning* (MRP). Este último também é responsável pelo gerenciamento de estoques, ordem de compras e a execução, acompanhamento e

controle da produção. A Figura 3 ilustra os tipos de planejamento de acordo com os níveis de hierarquia (TUBINO, 2009).

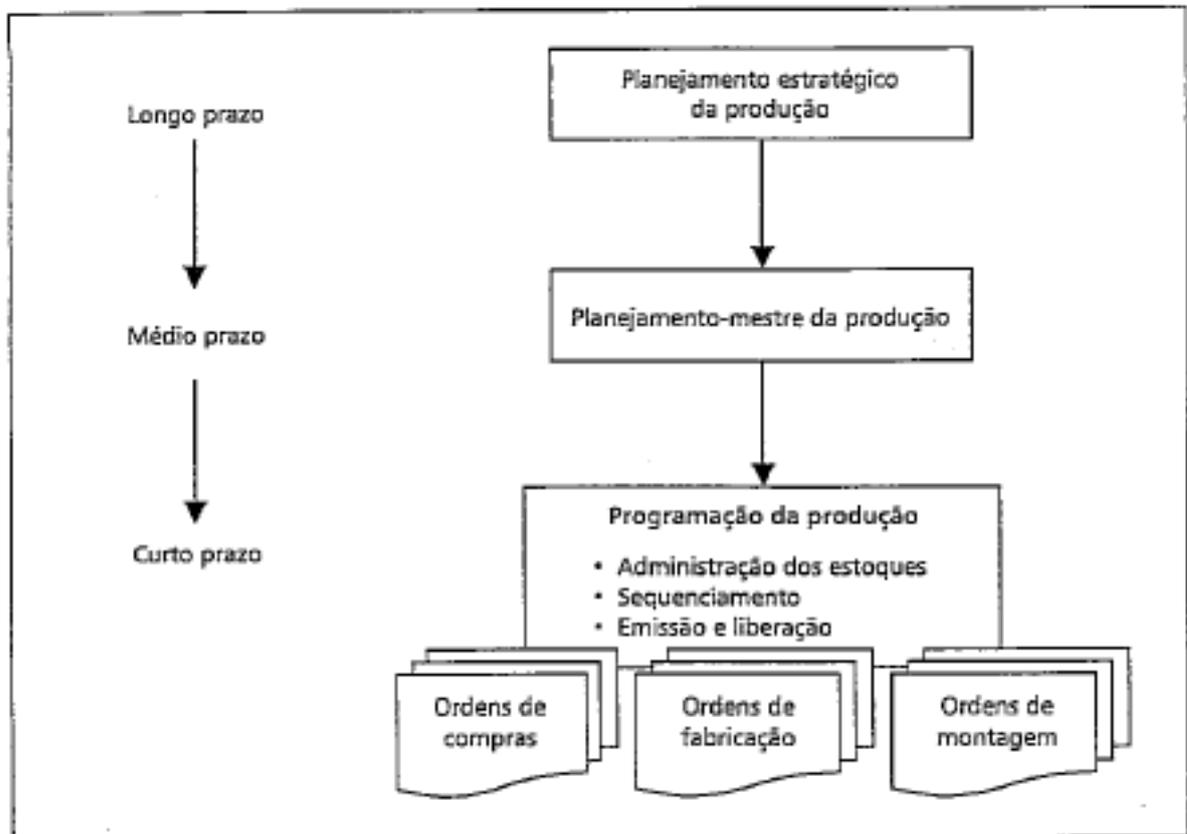


Figura 3: Programação da produção de acordo com os níveis hierárquicos do PCP
 Fonte: TUBINO, 2009

No horizonte de longo prazo os planejamentos são estratégicos e resultam em um plano de produção. Este é construído com base na estimativa de demanda, ou seja, prever quais e quanto de cada produto é esperado ser vendido, e qual a disponibilidade de recursos de produção e financeiros a empresa possui. De acordo com eles é possível prever quanto é possível produzir e quanto pode ser incrementado ou reduzido de acordo com a demanda e recursos financeiros (TUBINO, 2009).

Com o plano de produção a empresa conseguirá encaminhar seus recursos e manter seu desempenho sem comprometimentos futuros. Este plano não contém muitos detalhes quanto às especificações do produto, algumas vezes é feito com base nas famílias de produtos. Seu horizonte pode ser de meses a anos (TUBINO, 2009).

Através do planejamento estratégico da produção são feitos o planejamento da produção com horizonte de longo prazo. Ele é feito Planejamento –mestre da produção. Ele é a base para a busca e alocação de recursos, como o maquinário, mão de obra, hora extra entre outros (GOMES, 2002)

A médio prazo é feito o Plano-mestre de Produção, que busca formas de operar eficientemente. Ele buscará formas de usar a capacidade da fábrica para atender as previsões de demanda a médio prazo e os pedidos já negociados. Para isso ele poderá adiantar a produção, definir os turnos, terceirizar entre outros. O horizonte de médio prazo varia de algumas semanas a alguns meses (TUBINO, 2009).

O planejamento da produção auxilia nas decisões de médio prazo, que são tomadas tendo em base a previsão. Os inputs da realização do planejamento agregado da produção são a demanda unida com a gestão financeira e a capacidade de médio prazo (FERNANDES e GODINHO FILHO, 2010).

Gomes (2002) também afirma que o PCP trabalha com previsões de informações para que as decisões possam ser tomadas de forma inteligente. Essas informações são úteis para o gerenciamento de materiais, para que a mão de obra e o maquinário sejam eficientes e para coordenar as atividades internas e externas como os fornecedores e clientes.

A Planejamento-mestre da Produção é responsável pela produção do Plano-mestre de Produção dos produtos, possui um detalhamento por períodos. Ele detalha os produtos que serão produzidos tendo como base os roteiros de fabricação e as estruturas dos produtos. A partir deste ponto há o compromisso com a fabricação e montagem dos itens. Nesta fase possíveis gargalos serão analisados para que não ocorram e o Plano-mestre de Produção possa ser executado a curto prazo (TUBINO, 2009).

No curto prazo será executada a Programação da Produção para que os itens sejam produzidos e entregues no prazo programado. O horizonte de curto prazo é de dias para a semana que está sendo executada (TUBINO, 2009).

A Programação da Produção é responsável por estabelecer a curto prazo quando deve ser comprado, produzido e montado de cada item. Nesta etapa são liberadas as ordens de compra, fabricação e montagem. Ela também faz o sequenciamento da produção para tornar o processo mais eficiente (TUBINO, 2009).

Fernandes e Godinho Filho (2010) explicam que o controle da produção está ligado com as atividades de curto prazo como o fluxo de materiais em todo o sistema da produção e as decisões para execução. As decisões tomadas no planejamento da produção são mais detalhadas, mais perto da execução do planejamento. Suas principais atividades são:

- Programar a produção através da construção do plano mestre de produção;
- Controlar a programação da produção pelas regras de controle ou pelas necessidades de matéria prima;
- Controlar a emissão das ordens de produção e as ordens de compra através da determinação de quando liberar a ordem;
- Programar as sequências das tarefas nas máquinas.

O PCP possui algumas outras funções que são importantes para que suas funções principais sejam executadas com máxima eficiência. Entre elas estão:

- Planejamento e implantação de princípios para regular o fluxo de materiais;
- Rearranjo das instalações produtivas buscando o fluxo mais simples e harmonioso dos materiais;
- Balancear as linhas de montagem, ordenar as tarefas e as estações de trabalho para que as restrições de procedências sejam respeitadas e que melhore a eficiência.
- Alinhar as decisões do PCP com as estratégias de produção adotadas;
- Alinhar as decisões do PCP com as outras áreas da empresa, com a qualidade, as vendas e o marketing.

Knollmann et al. (2014) afirma que as variações de *lead time* diminuem a confiabilidade dos prazos. Algumas das causas desta variação são as variações de entrada, saída e distúrbios no processo.

4.2.3 Previsão de demanda

Fernandes e Godinho Filho (2010) mostram que a previsão é a especificação de informação importante para o futuro com base em um conjunto de métodos e conhecimento sobre o mercado. Ou seja, a previsão não é apenas adivinhação.

Uma das principais informações utilizadas no processo do PCP é a previsão de demanda, uma vez que afeta diretamente seu desempenho e funções. Por isso o PCP deve entender como os dados são obtidos (TUBINO, 2009).

Apesar dos avanços computacionais a previsão de demanda não é exata e conta com a análise pessoal do planejador, por esse motivo existem os estoques de segurança. A precisão da previsão de demanda varia de acordo com o tipo de sistema produtivo, nos sistemas em massa a previsão é mais estável e confiável, o sistema

sob encomenda necessita da aprovação do cliente para produzir se tornando mais instável (TUBINO, 2009).

As previsões da demanda no PCP estão ligadas com o seu horizonte de planejamento. No longo prazo as previsões são importantes para decidir sobre novas instalações, produtos ou gastos. No médio prazo as previsões são a base para o planejamento agregado da produção e para análise de capacidade. E no curto prazo elas são importantes para auxílio da programação da produção, compras, capacidade produtiva entre outras (FERNANDES e GODINHO FILHO 2010).

De acordo com Tubino (2009) e Fernandes e Godinho Filho (2010) as etapas de um modelo de previsão de demanda são:

- Definir os objetivos do modelo: nesta etapa as razões da necessidade da produção são definidas. Entre elas estão quais produtos serão previstos, qual o detalhe da previsão e quais recursos estarão disponíveis. Os itens mais importantes têm maior detalhamento e menor margem de erro;

- Coletar e analisar os dados: o objetivo desta etapa é identificar e desenvolver a técnica que melhor se adapta ao produto. É levado em consideração a opinião dos especialistas de acordo com suas experiências passadas. A técnica se torna mais confiável de acordo com os dados históricos. É necessário pesquisar sobre a caracterização da demanda, ela nem sempre é idêntica às vendas passadas, uma vez que pode ter ocorrido falta de produtos e não atendimento ao cliente. As promoções devem ser consideradas para evitar previsões erradas. E a escolha de técnica deve ser de acordo com o período de coleta dos dados;

- Selecionar a técnica de previsão: quanto mais precisas as técnicas, maior o tempo de elaboração e custos. Deve-se analisar o quanto se pretende gastar com a técnica e qual o custo do erro de uma previsão equivocada;

- Elaborar a previsão: realização da própria previsão com as estimativas de valores;

- Monitorar, interpretar e analisar a previsão: a previsão deve ser monitorada para identificar se os erros estão dentro do esperado. O modelo deve ser atualizado e fatores como promoção, propaganda ou aumento do preço.

4.2.4 Técnicas de previsão

As previsões baseadas em séries temporais partem do princípio de projetar a demanda futura de acordo com o passado, sem interferência de outras variáveis. Para isso plota-se os dados e analisa-se a sua curva para encontrar possíveis tendências, sazonalidades ou variações cíclicas de curto prazo, variações irregulares ou variações causadas por fatores excepcionais e variações randômicas Tubino (2000).

De acordo com Tubino (2009) as principais técnicas para as previsões temporais são:

a) Técnica para previsão de média:

Esta técnica é usada quando há componentes randômicos ou interferências. Não é viável retirá-los mesmo eles transformando a previsão de demanda menos exata. Neste tipo de previsão estes dados são inseridos no modelo e trata-os com as médias. Há dois tipos de previsão da média a média móvel e a média exponencial móvel.

- A média móvel faz uso dos dados de um determinado período para calcular a média. Para cada novo período o dado mais antigo é substituído pelo dado mais novo. Sua fórmula é:

$$Mm_n = \sum_{i=1}^n D_i \quad (5)$$

Onde

Mm_n = Média móvel do período n ;

D_i = Demanda no período i ;

n = Número de períodos usado para o cálculo;

i = índice do período;

- Média exponencial móvel: é similar a média móvel, a diferença é que os dados possuem pesos. Os dados mais atuais possuem pesos maiores que os dados antigos. A fórmula é:

$$M_t = M_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - M_{t-1}) \quad (6)$$

Onde:

M_t = Previsão da demanda da média exponencial no período;

M_{t-1} = Previsão da demanda da média exponencial no período $t - 1$

α = Coeficiente de ponderação;

D_{t-1} = Demanda real no período $t - 1$;

b) Técnicas para previsão de tendência

Tendência significa que existe um movimento gradual na demanda ao longo do tempo. O cálculo de demanda por este método consiste em identificar uma expressão matemática que descreva este movimento. Apesar da equação poder ser linear, exponencial, logarítmica, ou qualquer outra, a mais comum é a linear devido a sua facilidade de uso.

A equação linear é:

$$Y = a + bX \quad (7)$$

Sendo:

Y = a previsão da demanda no período X ;

a = coeficiente linear;

b = Coeficiente angular;

X = período da previsão, sendo X inicial = 0;

Para calcular o valor de a e b pode ser usada as seguintes fórmulas:

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (8)$$

$$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n} \quad (9)$$

Existe também o ajustamento exponencial da tendência que é uma variação da média exponencial móvel. Ela é usada para que a previsão de demanda seja ajustada mais rapidamente em casos de tendência. Nesta previsão de demanda são levados em conta dois fatores: a média exponencial móvel e a estimativa exponencial de tendência. A equação do ajustamento exponencial de tendência é:

$$P_{t+1} = M_t + T_t \quad (10)$$

Sendo:

$$M_t = P_t + \alpha_1(D_t - P_t) \quad (11)$$

$$T_t = T_{t-1} + \alpha_2((P_t - P_{t-1}) - T_{t-1}) \quad (12)$$

Onde:

P_{t+1} = Previsão de demanda no período $t + 1$;

P_t = Previsão de demanda no período t ;

M_t = previsão de média exponencial móvel de demanda no período t ;

D_t = demanda no período t ;

T_t = previsão da tendência no período t ;

α_2 = Coeficiente de ponderação usado na tendência;

α_1 = Coeficiente de ponderação da média;

T_{t-1} = previsão da tendência o período $t - 1$;

P_{t-1} = Previsão da demanda no período $t - 1$;

4.2.5 Balanceamento de Linha

Os autores Essafi et al. (2010) explicam que empresas se preocupam cada vez mais com a otimização do seu sistema de produção e por isso há preocupação com o balanceamento das linhas. O balanceamento interfere na rentabilidade, na capacidade da linha e no custo da produção. Como causa disto alguns aspectos são estudados para conseguir a eficiência da linha de produção.

Essafi et al. (2010) completam que o aspecto mais relevante é o planejamento do processo que define quais as etapas que a matéria prima passará para se transformar em um produto acabado. É a configuração da linha que programa o equilíbrio da mesma e as divisões das estações de trabalho. Assim as taxas de produção são satisfeitas e atendem a demanda da empresa com a qualidade exigida pelo cliente. Nesta etapa são calculados os tempos de ciclo, uma margem de segurança, que leva em conta tempos até as falhas, o tempo para as máquinas serem reparadas e possíveis modificações no produto.

No sistema de produção a linha de montagem possui fluxo orientado para uma produção eficiente. A linha de produção é formada por estações de trabalho e pelos manuseios dos materiais. O balanceamento da linha consiste na melhoria da eficiência da distribuição de carga de trabalho entre as estações (SAIF et al., 2014).

Cada estação de trabalho é dividida em um conjunto de pequenas operações, chamadas tarefas. Entre as tarefas há relação de procedência para que possam ser definidas as prioridades em relação à produção (SAIF et al., 2014).

Um fator importante é o tempo de execução de cada tarefa, mas deve-se lembrar que este é instável devido às variáveis como os trabalhadores incertos, fatigados, com baixo nível de habilidade, equipamentos mal conservados, defeitos das matérias primas, entre outros (SAIF et al., 2014).

O balanceamento de linha tem a função de fazer os centros de trabalho responsáveis por uma produção e montagem trabalhem no mesmo ritmo e de forma que supram a demanda estipulada pelo plano mestre de produção. No balanceamento há operações-padrão para fabricação e montagem de um produto, estas são limitadas pelo tempo de ciclo. Com isso ao fim dos tempos estipulado de trabalho haverá produtos suficientes para suprir a demanda (TUBINO, 2009).

O balanceamento é estipulado pelo PCP e pela gerência das linhas para formar os Tempos de ciclo e dimensionar o tamanho dos supermercados que irão abastecer os centros de trabalhos (TUBINO, 2009).

Tubino (2009) explica que o tempo de operação gargalo é usado para definir a capacidade produtiva (CP). Seu cálculo é feito a partir da equação:

$$CP = TD/TC \quad (13)$$

Onde:

CP= capacidade de produção por dia medido em unidades de produtos;

TD= tempos em minutos disponíveis para produção diária;

TC= tempos de ciclo em minutos por itens.

Para o balanceamento de linhas recomenda-se que a empresa possua uma matriz de polivalência, ela mostrará os operadores treinados para executar cada tarefa. Ela é útil no balanceamento pois facilita na determinação dos postos de trabalhos e na rotina de operações (TUBINO, 2009).

4.2.6 Mapeamento do Fluxo de Valor

O mapeamento do fluxo de processos é composto por toda ação necessária para transformação de um produto, sendo ela agregadora de valor ou não. O mapeamento do fluxo de valor traz todo o caminho percorrido pelo material e pela informação durante a transformação do produto (LUZ; BUIAR, 2004).

O mapeamento do fluxo de valor apresenta uma nova perspectiva de análise uma vez que é apresentado em uma plataforma visual que mostra as entradas e

saídas, os recursos envolvidos, o tempo de ciclo e o tempo utilizado de cada etapa do processo (TYAGI, 2015).

De acordo do Rother & Shook (1999) a ferramenta mapa de fluxo de valor é utilizada para que o fluxo seja visto e entendido como um todo. Com ela é possível entender como o sistema funciona e atende as necessidades dos clientes. Ao apresentar uma visão sistêmica do processo a ferramenta mostra em que pontos estão localizados os desperdícios.

Haefner *et al.* (2014) complementam que o mapeamento do fluxo de processo é uma ferramenta usada para a visualização do processo como um todo. Ele contém uma ilustração através de um fluxograma de símbolos as sequências do processo. O objetivo deste mapeamento é mostrar as entradas e saídas de cada etapa, os fatores controláveis e as variáveis de perturbação.

Nicodemo (2005) explica também que o MFV é composto pelo fluxo de informações e pelo fluxo de materiais, ambos com a mesma importância. O primeiro é representado na parte superior do mapa e com as informações com o fluxo no sentido do cliente para o fornecedor, por isso da direita para a esquerda. O segundo, apresentado na parte inferior do mapa, flui do fornecedor para o cliente, ou seja da esquerda para a direita.

A ferramenta faz uso de ícones padrão tanto na representação gráfica quanto a representação da comunicação. Este padrão facilita o entendimento do mapa nos diferentes níveis dentro da empresa independente do nível educacional de seu leitor (NICODEMO, 2005).

Rother & Shook (1999) explica que o MFV deve ser utilizado para melhorias. Para isto ele deve ser aplicado de forma cíclica seguindo a ordem:

- 1- Família de produtos: definir a família de produtos que passam por processos similares e utilizam os mesmos equipamentos para fabricação.
- 2- Mapear o estado atual: nesta etapa é realizada uma fotografia momentânea do processo. Nela também será possível identificar as fontes de desperdício e são levantadas as oportunidades de melhorias.
- 3- Mapeamento do estado futuro: Nesta etapa é desenhado um mapa com o processo da forma idealizada.
- 4- Plano de ação: elaboração de um plano de atividades a serem desenvolvidas para que o processo atinja o estado futuro.

A Figura 4 mostra de forma visual as partes do mapeamento do fluxo de valor.

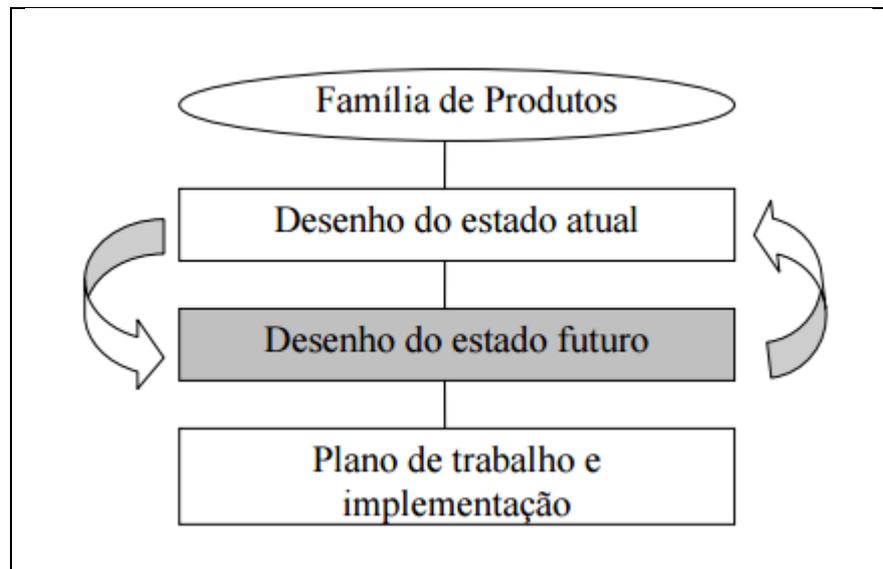


Figura 4: Fluxograma para utilização da mapa de fluxo de valor
Fonte: Etatas iniciais do MFV (Rother &shook, 1999)

Maia e Barbosa (2006) aponta que o MFV além de reduzir ou eliminar fontes de desperdícios traz outros benefícios para a empresa. Entre eles estão:

- Conhecimento da sua capacidade produtiva real;
- O *lead time* verdadeiro;
- Capacidade verdadeira da empresa;
- Visualização da situação atual da empresa;
- Otimização do uso dos equipamentos;
- Elaboração de metas e melhorias;

Bonatto (2013) mostra que a ferramenta de mapeamento de fluxo de valor possui vantagens como o auxílio na visualização dos processos individuais; identificação de desperdícios; uso de linguagem simples; facilitação das tomadas de decisão; mostrar a relação entre o fluxo de informação e material.

4. METODOLOGIA DA PESQUISA

De acordo com Turrioni e Mello (2011) uma pesquisa científica pode ser classificada de quatro formas: natureza, objetivos, abordagem e método.

A pesquisa apresentada neste trabalho é classificada como de natureza aplicada, uma vez que de acordo com Turrioni e Mello (2011) este tipo de pesquisa é caracterizado pela aplicação e utilização imediata dos resultados para a solução de problemas reais.

Quanto aos objetivos, o trabalho é caracterizado como pesquisa exploratória pela familiaridade do pesquisador com o problema a fim de deixá-lo explícito e formar hipóteses para a solução (TURRIONI, 2011).

Seu processo é composto por pesquisas bibliográficas que visa um maior conhecimento teórico sobre o assunto abordado e entrevistas com pessoas que possuem experiência prática com o problema em estudo (GIL, 2002).

A abordagem do problema é caracterizada como pesquisa combinada por uma parte ser quantificável trabalhadas por técnicas estatísticas. E outra parte ser qualitativa por haver uma inter-relação entre o sujeito e o ambiente estudado com possíveis análises (TURRIONI, 2011).

Quanto ao método o trabalho este é classificado como exploratório do tipo estudo de caso. Este método é caracterizado pela investigação empírica de um fenômeno contemporâneo em seu contexto na vida real. Este estudo é beneficiado pelas proposições teóricas apresentadas na revisão bibliográfica.

A empresa estudada tem sua única sede na cidade de Dom Silvério-MG. Atualmente produz ferramentas agrícolas e ferramentas para a construção civil como turquesas, dobradiças martelos, marretas, entre outros. Atualmente possui aproximadamente 150 funcionários.

A primeira fase do trabalho foi a realização da revisão bibliográfica dos temas abordados. Esta foi feita através de pesquisas em artigos, livros e dissertações para obter o embasamento teórico necessário.

A segunda etapa é a coleta dos dados. Esta foi feita por meio de:

- Entrevistas não estruturadas realizadas durante o período de observação com pessoas envolvidas no processo de produção estudado no estudo de caso, como os colaboradores e diretoria, para obtenção de informações pertinentes;

- Observação sistêmica direta do processo para a coleta dos dados necessários para a pesquisa e para conhecimento dos aspectos da realidade. A observação foi feita no chão de fábrica para obtenção de dados sobre as etapas do processo e o tempo dos operadores para executá-las.

- Informações dos arquivos da empresa através da pesquisa documental sobre o histórico de demanda para escolha da família de produtos é relevante para o estudo.

As etapas para o estudo dos tempos e métodos em conjunto com o PCP são:

- Determinar a família de produtos a ser estudada;
- Identificar a demanda;
- Detalhar do processo produtivo e subdivisão em tarefas;
- Cronometrar dos tempos de cada tarefa;
- Desenvolver o mapeamento do fluxo do processo presente;
- Desenvolver o mapeamento do fluxo do processo futuro;
- Analisar de possíveis melhorias no processo;
- Elaborar de propostas de melhorias para otimizar o processo e aumentar a produção.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta o estudo de caso realizado no setor de dobradiças de porteira realizada em uma indústria de forjados. O objetivo do estudo de caso é reduzir os desperdícios no setor e aumentar sua produtividade.

5.1 A EMPRESA

A Empresa foi fundada em julho de 1975 na cidade de Dom Silvério, Minas Gerais, cidade da Zona Metalúrgica, região próxima ao Vale do Aço. Ela é fruto de uma associação de três empreendedores. A administração da empresa é familiar com seu sócio majoritário sendo o diretor da mesma.

Ao todo são 152 funcionários que trabalham na sede da empresa, tanto na área administrativa quando operacional, e 35 representantes em quase todo o país. Seus produtos são vendidos para 24 estados do Brasil e no Distrito Federal. Roraima e Amapá são os únicos estados onde as ferramentas não são vendidas.

O portfólio da Empresa atualmente conta com torquês, dobradiças, ponteiros, talhadeiras, martelos, machadinha, marretas, alavancas, pés-de-cabra, chaves de virar ferro, chapas de virar ferro e cavadeiras, sendo as cavadeiras terceirizadas. A maior parte de suas ferramentas são fabricadas através do processo de forjamento a quente. O único produto produzido pelo forjamento a frio são as dobradiças de porteira. Os produtos mais vendidos são a torquês armador 12” e a dobradiça para porteira C. 00, a menor dobradiça produzida pela empresa.

Houve um crescimento no setor de forjaria devido ao crescimento da construção civil, uma vez que grande parte das ferramentas são usadas nas construções. A empresa acompanhou este crescimento e aumentou a sua capacidade produtiva e modernizou alguns de seus equipamentos, como o uso de robô para fazer a soldagem das peças.

As vendas de seus produtos são estáveis durante o ano, com isto a empresa possui uma meta anual de fabricação sendo a mesma dividida em duas metas semestrais. Quando ela é alcançada há um abono aos funcionários, chamado prêmio de produção.

A indústria possui também uma política de apoio aos seus colaboradores e concede aos mesmos a plano família, o convênio hospitalar e consultar, auxílio alimentação, salário acima da média municipal e auxílio de até 100% dos estudos, se o curso for relacionado às áreas da empresa. Tudo isto é usado como incentivo para a rotatividade de colaboradores ser mínima.

Com relação aos setores da produção percebe-se que apesar das mudanças que já ocorreram há melhorias a serem realizadas. O PCP desta indústria ainda está em fase inicial, o *lead time* da empresa nos diferentes setores é alto, não há manutenção preventiva, apenas corretiva, entre outros aspectos.

Diante destes fatores percebeu-se a oportunidade de estudar o processo de produção a fim de torná-lo mais eficiente através da aplicação dos conceitos da produção enxuta e do estudo dos tempos.

5.2 FAMÍLIA DE PRODUTOS ESTUDADA

Nos últimos anos houve um aumento das vendas da torquês armador 12 e da dobradiça de porteira menores, como C.00 e C.01, além do esperado pelas previsões de crescimento de vendas.

O setor de torquês conta com seis linhas para a fabricação de todos os sete tipos e tamanhos da ferramenta. O processo é contínuo na parte da forjaria a quente. Esta linha do processo é mais organizada em relação aos outros processos e setores, uma vez que a torquês é o carro chefe da empresa desde que ela começou suas atividades.

A parte da dobradiça quintuplicou os últimos 12 anos, atualmente as dobradiças correspondem a aproximadamente metade da produção total anual. Este crescimento foi além do esperado e planejado, sendo assim o setor ainda está localizado no mesmo espaço de antes do crescimento, tornando-o pequeno para o número de máquinas, pessoas, peças e equipamentos. Na produção das dobradiças há estoques em cada etapa da produção, isto acontece porque o *setup* das máquinas é demorado e os lotes de produção são grandes. A falta de espaço adequado para os equipamentos e o excesso de estoques intermediários no setor dificulta seu acesso e controle.

As Figuras 5 e 6 representam os principais produtos fabricados na empresa, sendo a Figura 5 uma torquês armador 12” e a Figura 6 a dobradiça de porteira tamanho C.00.



Figura 5: Torquês armador 12”

Fonte: <http://www.saoromao.com.br/?categoria=torqueses>



Figura 6: Dobradiça de porteira C.00

Fonte: <http://www.saoromao.com.br/?categoria=dobradicas>

Foi decidido que o estudo de caso deste trabalho seria no setor das dobradiças devido a sua importância para a empresa e a necessidade maior de melhorias no processo a fim de torná-lo mais eficiente.

5.3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O processo de fabricação de ferramentas forjadas inicia-se com a compra da matéria prima, no caso da dobradiça barra chata do aço 1020 de diferentes espessuras e barra redonda trefilada, também de diferentes espessuras. A empresa possui dois fornecedores que realizam a entrega uma vez ao mês, ArcelorMittal e Gerdau.

Nas sextas-feiras são feitas as ordens de produção semanal na parte administrativa da empresa, sendo uma pessoa do setor comercial e um auxiliar de PCP que acompanha diariamente a produção no chão de fábrica. Para programar a semana é levado em conta os estoques e as vendas no período.

O planejamento da produção é simples e a ordem de produção é dada apenas para a máquina de fazer peça volta. Na ordem de produção é mostrado qual tamanho de dobradiça será produzida em cada máquina volta em quais dias da semana. Na ordem de produção não é mostrado quais peças serão produzidas nas outras máquinas, esta função é dada ao supervisor da produção, que de acordo com os estoques intermediários determina quem executará qual função e em qual máquina a mesma será executada.

É importante ressaltar que a empresa possui sete tamanhos de dobradiças e que para cada tamanho demanda uma matriz diferente para ser usada em cada máquina. As dobradiças C.00 e C.01 são produzidas constantemente nas máquinas de volta, restando outras 3 máquinas disponíveis para os outros tamanhos. Devido a uma demanda maior pelas dobradiças pequenas em algumas semanas mais de uma máquina produz o mesmo modelo de dobradiça. O número de máquinas para rebite e furação é menor que a quantidade de máquinas volta, por este motivo há mais troca de matrizes durante a semana, porém a troca de matrizes é mais rápida para estas máquinas.

As ordens de produção podem sofrer alterações durante a semana devido a entrada de algum pedido que deve ser atendido com urgência, ou algum pedido grande que a empresa não conseguirá atender com a produção programada.

Devido ao tempo de *setup* da maioria das máquinas, os lotes de produção são altos, como pode ser observado na Tabela 8. Normalmente uma máquina produz toda a previsão de venda de um mês de uma determinada peça em um único lote.

Após a programação ser enviada para o setor, o processo de fabricação da peça inicia com uma carregadeira que leva as chapas de metal para o setor indicado. No caso da chapa para fabricação da peça reta, a mesma é carregada para o setor de dobradiça, onde é cortada e conformada. A chapa para a peça volta e a barra redonda são levadas até suas respectivas máquinas de corte fora do setor da dobradiça. Após a barra chata ser cortada ela passa pelo processo de jateamento e em seguida é carregada para o setor da dobradiça, onde será conformada.

As etapas para a fabricação da peça são corte, corte e conformação completa, jateamento de granalha, conformação completa, montagem do conjunto, rebitagem, furação, lavagem do conjunto, preparação para a pintura, pintura pó, cura em estufa, impressão da logomarca, etiquetamento do código de barras, embalagem e

armazenagem. A produção da peça é empurrada, ou seja, a cada finalização de etapa a peça é empurrada para a próxima fase e assim sucessivamente. A Figura 7 mostra a ordem dos passos da peça desde a chegada da matéria prima até a expedição.

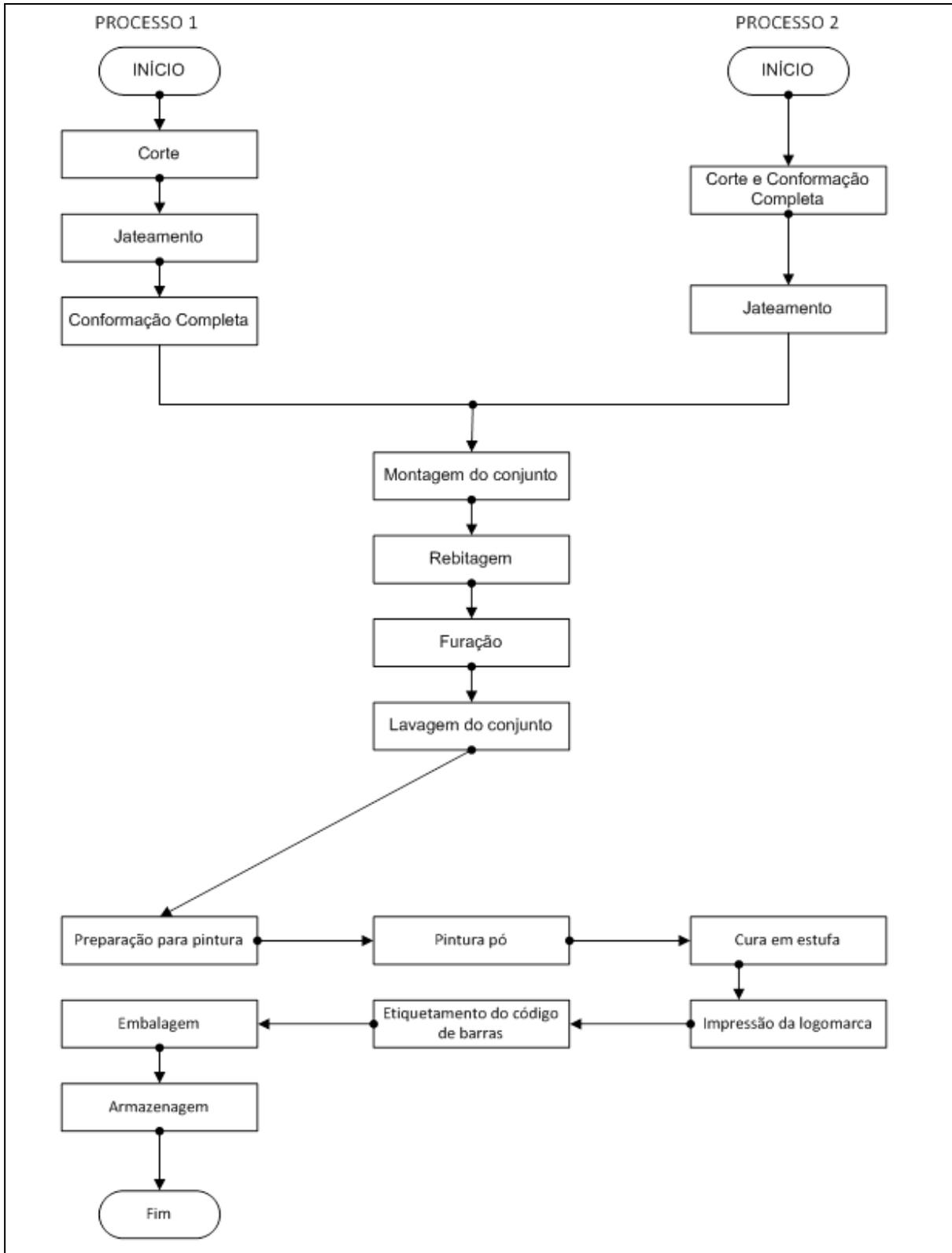


Figura 7: Fluxograma do Processo
 Fonte: autor

O estudo de caso foi realizado no setor exclusivo da dobradiça. As etapas que fazem parte desde são: todo o processo 1, 2, a montagem do conjunto, rebiteagem, furação e lavagem. O setor de pintura é comum a todos os setores da empresa e por isto não foi o foco do estudo. Cada parte do processo possui uma função e um determinado número de máquinas, sendo:

- Corte: a empresa possui uma prensa excêntrica 40/80 ton. que realiza o corte das barras chatas, é responsável pelo abastecimento de todas as máquinas que realizam a conformação completa da peça volta do processo 1.
- Jateamento: Comum no processo 1 e 2, a empresa possui 2 jateadoras, sendo uma de 60 e outra de 130 litros, elas são usadas por todos os setores da empresa e sua função é jatear granalhas de aço nas peças para que a superfície se torne porosa facilitando assim a aderência do pó de tinta.
- Conformação completa: Durante a marcação dos tempos a empresa possuía 4 máquinas hidráulicas de 210 bar para fabricar a peça volta da dobradiça, esta é a máquina gargalo da produção. A quinta máquina foi adquirida após o período do estudo.
- Corte e conformação completa: nesta etapa do processo 2 há duas prensas hidráulicas de 60 ton. Para realizar o corte e a conformação completa da peça reta.
- Montagem do conjunto: ao lado de cada máquina de conformação completa há um operador que realiza a montagem do conjunto, ou seja, ele encaixa a peça reta e à curva e as prende com um pino.
- Rebiteagem: o setor possui 3 rebiteadeiras pneumática dupla horizontal de 9 bar. que tem a função de rebitar as pontas do pino para arrematar a lateral do conjunto e ele não desmanche. Durante o estudo eram usadas na linha de montagem apenas duas rebiteadeiras.
- Furação: Nesta etapa há 2 prensas hidráulicas duplas de 40 ton. Elas são responsáveis pela furação da parte reta e curva. Estes furos são usados na fixação das dobradiças nos locais de uso.
- Lavagem do conjunto: há três lavadeiras no total. Duas lavam peças de todos os tamanhos e seu funcionamento é em ciclos. Ou seja, as peças são colocadas na máquina, ela é fechada, as peças são lavadas e depois retiradas.

Há também uma lavadeira com o funcionamento parafuso, em que o processo é contínuo, neste caso as peças são colocadas na máquina e durante sua locomoção dentro da máquina elas são lavadas. Esta lavadeira possui a capacidade de lavar apenas as peças pequenas, de tamanho até C.02

Neste tipo de produção em lotes o fluxo não é contínuo e é possível observar filas entre processos. Isto acontece por diversos fatores, entre eles estão:

- Diferença significativa de tempo em cada etapa da produção;
- Montagem manual da peça com possíveis ajustes, neste caso feitos com martelos e pinos, para que o encaixe seja perfeito;
- Quantidades diferentes de máquinas na linha de montagem, como é o caso da máquina de rebitagem, sendo que o setor usa apenas 2 máquinas para suprir a demanda de até 5 tamanhos diferentes de dobradiças por semana.

5.4 ANÁLISE DO FLUXO DA PRODUÇÃO

Para que o mapa de fluxo de valor seja desenhado é preciso realizar as análises do fluxo de produção atual no setor. A empresa possui sete tamanhos de dobradiças e todas passam pelo mesmo processo de fabricação. Para a realização deste estudo dos tempos do processo foi escolhida as dobradiças que possuem maior porcentagem de produção. O Gráfico 1 mostra que a dobradiça C.00 foi a mais produzida no ano de 2014, seguida pela dobradiça C.01, por isso estas foram as usadas no estudo de caso.

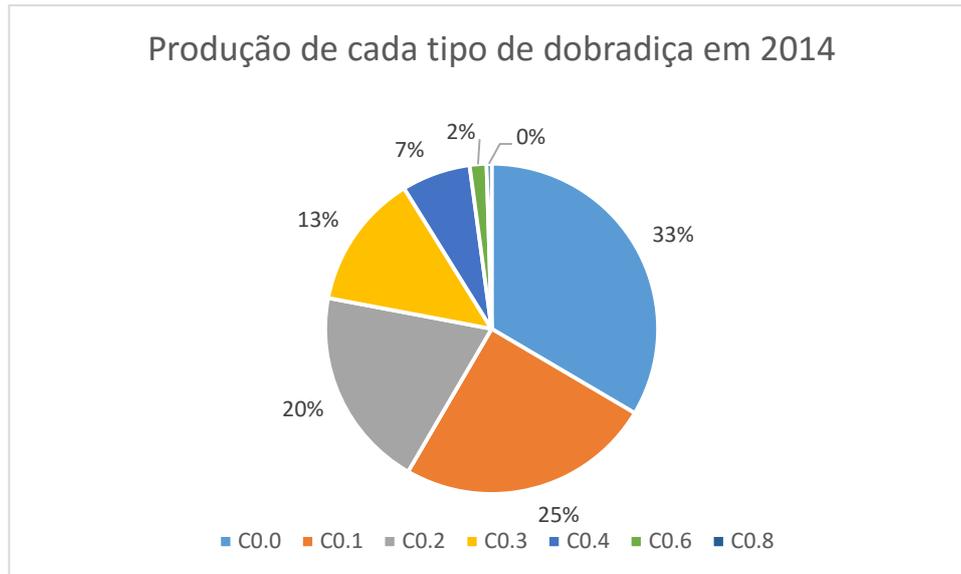


Gráfico 1: Produção em porcentagem de cada tipo de dobradiça produzido no ano de 2014
 Fonte: autor

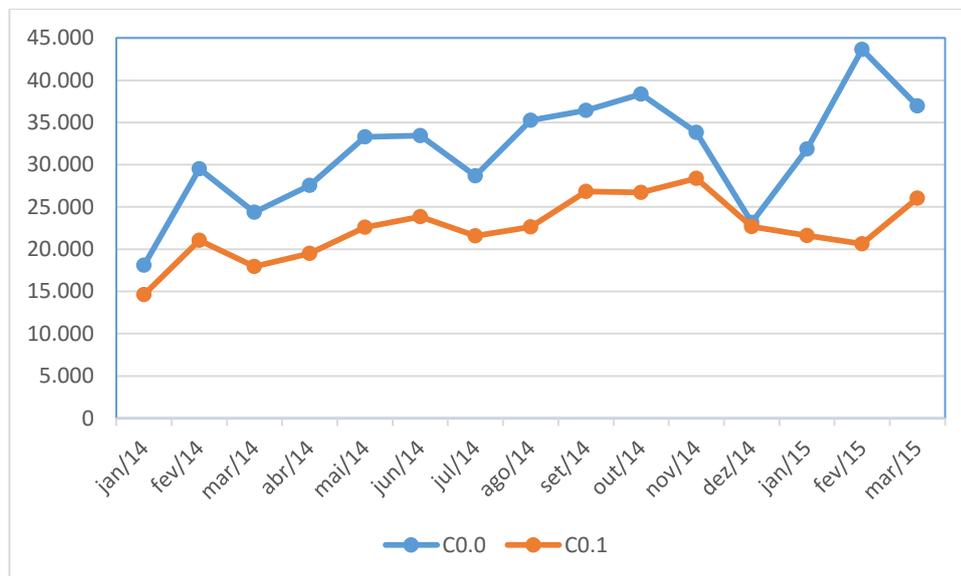
Para a realização dos cálculos de previsão de demanda foram utilizados os dados das vendas no período de janeiro de 2014 a março de 2015. Como a empresa entra em férias coletiva nos últimos 15 dias no mês de dezembro e não recebe pedidos no período de férias, os dados deste mês são referentes a apenas o período trabalhado. Por este motivo os dados de dezembro não foram levados em consideração no cálculo da demanda.

Os dados da Tabela 1, que foram cedidos pela empresa, mostram as vendas de janeiro de 2015 a março de 2015. Estes dados foram plotados no Gráfico 2 para analisar seu comportamento. Através disto foi possível observar que houve um crescimento gradual nas vendas no período.

Tabela 1: Quantidade de peças vendidas por mês entre janeiro de 2014 e março de 2015

Mês	C.00	C.01
Jan/14	18.108	14.628
Fev/14	29.508	21.054
Mar/14	24.390	17.958
Abr/14	27.564	19.488
Mai/14	33.282	22.608
Jun/14	33.438	23.862
Jul/14	28.686	21.576
Ago/14	35.274	22.620
Set/14	36.432	26.826
Out/14	38.370	26.730
Nov/14	33.810	28.362
Dez/14	23.172	22.674
Jan/15	31.866	21.600
Fev/15	43.650	20.628
Mar/15	36.972	26.046

Fonte: autor

**Gráfico 2: Vendas de dobradiças de porteira durante 15 meses**

Fonte: autor

O cálculo da demanda foi realizado por meio da técnica de ajustamento exponencial móvel para tendência apresentada no item 2.5.4. Através dos dados apresentados na Tabela 1 e das fórmulas 10, 11 e 12 foi possível calcular a demanda para o próximo mês. Para a C.00 foram utilizados $\alpha_1 = 0,64$ e $\alpha_2 = 0,36$ e para C.01 foram usados $\alpha_1 = 0,61$ e $\alpha_2 = 0,14$. Estes dados foram obtidos através da ferramenta solver no Excel para a função objetivo de minimizar o módulo do erro, sendo assim, os valores de α_1 e α_2 são ótimos para este conjunto de dados.

A Tabela 2 mostra a previsão de demanda para os meses apresentados na tabela. Para a previsão de demanda foram retirados os dados dos meses de

dezembro, janeiro e fevereiro por apresentar uma variação fora do padrão. A técnica usada para realizar o cálculo da previsão de demanda foi ajustamento exponencial para tendência

Tabela 2: Previsão de demanda por ajustamento exponencial para tendência e erro entre previsão de demanda para a dobradiça C.00

Período	Demanda real	M_t	T_t	P_{t+1}	Erro
Jan/14	18.108	Estimativa inicial de tendência = $(24.390 - 18.108) / 2 = 3141$		-	-
Fev/14	29.508	Estimativa inicial de demanda = $24.390 + 3.141 = 27.531$		-	-
Mar/14	24.390	24.390	3.141	27.531	
Abr/14	27.564	27.552	3.141	30.693	33
Mai/14	33.282	32.351	3.149	35.500	2.589
Jun/14	33.438	34.179	3.741	37.920	-2.062
Jul/14	28.686	32.005	3.269	35.274	-9.234
Ago/14	35.274	35.274	1.158	36.432	0
Set/14	36.432	36.432	1.158	37.590	0
Out/14	38.370	38.089	1.158	39.247	780
Nov/14	33.810	35.764	1.336	37.101	-5.437
Mar/15	36.972	37.018	93	37.111	-129
Erro acumulado					-13.459

Fonte: adaptado Tubino (2000)

Através desta tabela foi possível observar que a demanda para o próximo mês será de 37.111 peças. A empresa trabalha com demanda semanal, sendo assim a demanda da dobradiça C.00 utilizada para os cálculos e de 9.278 peças.

A Tabela 3 mostra a previsão de demanda dos meses apresentados, a previsão de demanda para o próximo mês e o erro entre a previsão e a venda no período para a dobradiça C.01.

Tabela 3: Previsão de demanda por ajustamento exponencial para tendência e erro entre previsão de demanda para a dobradiça C.01

Período	Demanda real	M_t	T_t	P_{t+1}	Erro
Jan/14	14.628	Estimativa inicial de tendência = $(17958 - 14628) / 2 = 1665$		-	-
Fev/14	21.054	Estimativa inicial de demanda = $17958 + 1665 = 19623$		-	-
Mar/14	17.958	17.958	1.665	19.623	
Abr/14	19.488	19.541	1.665	21.206	-135
Mai/14	22.608	22.061	1.653	23.714	1.402
Jun/14	23.862	23.804	1.777	25.581	148
Jul/14	21.576	23.140	1.790	24.929	-4.005
Ago/14	22.620	23.522	1.437	24.958	-2.309
Set/14	26.826	26.097	1.233	27.330	1.868
Out/14	26.730	26.964	1.398	28.362	-600
Nov/14	28.362	28.362	1.345	29.707	0
Mar/15	26.046	27.475	1.345	28.820	-3.661
Erro acumulado					-7.292

Fonte: adaptado Tubino (2000)

De acordo com o método aplicado foi previsto que a demanda do próximo mês será de 28.820 peças, Assim, a produção semanal da dobradiça C.01 é de 7.204 peças.

Para a obtenção do número de tomada de tempos de cada operação foi utilizada a fórmula 1, assim as amostras terão confiabilidade de 95% e erro relativo de 5%. O número de amostragem inicial usado na fórmula para todas as medições foi de 10 amostras para realizar os cálculos. Nas operações em que o N' foi maior que 10 foram realizadas as coletas das amostras faltantes. O jateamento e a lavadeira possuem tempos constantes de 300 e 120 segundos respectivamente e o N' é igual a zero e não há tomadas de tempos na tabela. As tabelas 14, 15 e 16 apresentadas no apêndice mostram respectivamente o número de observações para cada operação e os tempos coletados para C.00 e C.01, que serão usados para o cálculo do tempo padrão.

Além das operações há também as finalizações. Neste processo as finalizações são:

- Corte de chapa para peça volta: a finalização desta operação é feita para repor a matéria-prima. O operador auxilia no carregamento da mesma pela

carregadeira do estoque até seu posto de trabalho, quando ela está acomodada ele retira as amarrações para começar a trabalhar;

- Corte e conformação completa: a finalização é igual ao da operação anterior.
- Montagem: a finalização da montagem consiste em buscar a peça reta e o pino em um estoque dentro do setor e levar para seu posto de trabalho;
- Rebitagem: esta finalização consiste em buscar a caçamba de peças no setor, normalmente na proximidade da máquina volta, colocá-la no seu posto de trabalho;
- Jateamento: a finalização são as operações de colocar e retirar as peças da máquina e carrega-las para o setor das dobradiças.

As outras etapas não possuem finalizações, por isso não estão especificados.

A Tabela 17, 18 e 19 apresentadas no apêndice mostram respectivamente os valores de N' para as finalizações, os tempo de finalizações para C.00 e os tempos de finalizações para a dobradiça C.01. Como os Na maioria das etapas os valores de N' encontrados foram elevados. Então para estas finalizações foram usados N' padronizados no valor de 20 observações

Não há uma programação correta de quais dias acontecerão os *setups*. Apesar de haver a programação semanal pode haver mudanças de planos. Durante o período de observação houveram apenas alguns *setups* observados do início ao fim, por esse motivo não foi usado a formula 1 para cálculo do número de observações. A Tabela 20, no apêndice, mostra os tempos de setup observados. Como as máquinas que fazem os processos são as mesmas e o setup é igual independentemente do tamanho da peça, não há duas tabelas para o setup.

Para o cálculo do tempo padrão foram usados os dados da tomada dos tempos e o fator de tolerância de 1,12, este fator é acordado entre sindicato e empresa sendo composto por tempos de paradas durante o dia. Com os dados das Tabelas 15, 16, 18, 19 e 20 foi calculado o tempo padrão de cada operação, finalização e *setup* através da fórmula 3, o tempo normal usado foi a média dos tempos observados. No caso do corte da peça reta e do corte e conformação completa o TP foi dividido pelo número de peças obtidas por chapa de ferro, ou seja o TP para corte de chapa para C.00 foi dividido por 32 e para C.01 foi dividido por 25, no corte e conformação completa o TP foi dividido por 47 para C.00 e 35 para C.01.

A fórmula 14 usada para o cálculo do tempo padrão de cada peça é:

$$TP = (Ns * TPs) + (L * TPs) + (Nf * TPf) \quad (14)$$

Sendo:

TP = Tempo padrão final da operação;

Ns = Número de *setups* que ocorrem durante a produção do lote;

TPs = Tempo padrão do *setups*;

L = Tamanho do lote de produção semanal;

TPp = Tempo padrão da operação;

Nf = Número de finalizações que ocorrem durante a produção do lote;

TPf = Tempo padrão para a finalização;

O lote de produção para todas as peças é o valor da demanda para o período, mas em todas as etapas, exceto no jateamento a operação acontece peça por peça. Na operação de jateamento a operação acontece em grupos, por este motivo o lote foi dividido por 10, que é o número de finalizações do processo. O TP final é o TP do lote, calculado através da fórmula 14 dividido pelo tamanho do lote. A Tabela 4 e 5 mostram os dados do TP total para cada operação das dobradiças C.00 e C.01 respectivamente.

Tabela 4: Tempo padrão do lote e de cada peça da dobradiça C.00

Operação	Nº setup	TP setup (s)	Lote (Unid.)	TP peça	Nº finalização	TP finalização (s)	TP lote (s)	TP final (s)
Corte chapa	1	6585,6	9278	1,6	3,0	2993,8	30448,3	3,3
Jateadora	0	0,0	928	300,0	10,0	433,4	282674,4	304,7
Conformação completa	1	15283,2	9278	13,2	0,0	0,0	137901,2	14,9
Corte e conformação completa	1	8582,4	9278	4,2	3,0	2711,5	56118,5	6,0
Montagem do conjunto	0	0,0	9278	10,9	26,0	712,3	119216,9	12,8
Rebitadeira	1	2169,6	9278	4,4	4,0	1165,9	47314,4	5,1
Furadeira	1	8284,8	9278	5,5	0,0	0,0	58912,4	6,3
Lavadeira	1	19228,8	9278	120,0	0,0	0,0	1132588,8	122,1

Fonte: autor

Tabela 5: Tempo padrão do lote e de cada peça da dobradiça C.01

Operação	Nº setup	TP setup	Lote	TP peça	Nº finalização	TP finalização	TP lote	TP Final
Corte chapa	1	6585,6	7205	1,5	3	3138,2	26860,7	3,7
Jateadora	0	0,0	721	300,0	10	389,8	220047,6	305,4
Conformação completa	1	15283,2	7205	17,2	0	0,0	139014,4	19,3
Corte e conformação completa	1	8582,4	7205	6,1	3	2852,6	60966,5	8,5
Montagem do conjunto	0	0,0	7205	16,2	26	897,1	139984,6	19,4
Rebitadeira	1	2169,6	7205	4,3	4	1340,6	38438,7	5,3
Furadeira	1	8284,8	7205	4,8	0	0,0	43134,7	6,0
Lavadeira	1	19228,8	7205	120,0	0	0,0	883828,8	122,7

Fonte: autor

As Tabelas 4 e 5 mostram os dados para o cálculo do tempo padrão com as finalizações e o *setup* de cada etapa do processo para a dobradiça C.00 e C.01. Como o processo de produção das peças é o mesmo e varia apenas os tempos das operações foi usado o tempo-padrão ponderado entre as dobradiças C.00 e C.01 para a montagem dos fluxos de valores presente. A formula usada para este cálculo foi:

$$\text{Operação } i = \frac{T_{i1} * P_1 + T_{i2} * P_2}{p_1 + P_2} \quad (14)$$

Sendo:

T_{i1} = Tempo- padrão do processo i do modelo P_1 ;

T_{i2} = Tempo- padrão do processo i do modelo P_2 ;

P_1 = Quantidade da demanda do modelo P_1 ;

P_2 = Quantidade da demanda do modelo P_2 ;

A Tabela 6 mostra os tempos-padrão ponderado para todas as etapas do processo.

Tabela 6: Tempo padrão ponderado de cada operação

	TP Peça + setup C.00 (s)	Lote (Unid.)	TP peça + setup C.01 (s)	Lote (Unid.)	Tempo padrão ponderado (s)
Corte chapa	3,3	9278	3,7	7205	3,5
Jateamento	304,7	928	305,4	721	305,0
Conformação completa	14,9	9278	19,3	7205	16,8
Corte e conformação completa	6,0	9278	8,5	7205	7,1
Montagem do conjunto	12,8	9278	19,4	7205	15,7
Rebitadeira	5,1	9278	5,3	7205	5,2
Furadeira	6,3	9278	6,0	7205	6,2
Lavadeira	122,1	9278	122,7	7205	122,3

Fonte: autor

A Tabela 6 apresenta os dados do tempo padrão e lote das operações nos dois tamanhos de dobradiças e a última coluna apresenta o tempo padrão ponderado. Este dado é importante porque através dele foi feito o desenho do fluxo de valor atual do processo.

5.5 ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO

No período de coleta dos dados foi feita também entrevistas informais com alguns dos trabalhadores do setor, entre eles operários, mecânicos ou supervisores, e foram feitas também observações em relação aos funcionários, ao planejamento, ao cumprimento das regras, as dificuldades encontradas para o trabalho entre outros aspectos. Com isso foram encontrados alguns pontos de melhorias principais, entre elas estão:

- Falta de treinamento dos funcionários: o funcionário quando é contratado recebe uma explicação rápida do processo, mas não há treinamento para a sua função;
- Alocação de funcionários sem qualificação para o setor: Algumas vezes funcionários ociosos de outros setores são alocados para auxiliar na produção das dobradiças e acabam gerando atraso por falta de preparação para a execução da tarefa. A matriz de polivalência para realocação de funcionários é o suficiente para resolver este problema;
- Fadiga: alguns postos de trabalho, como a montagem do produto, geram mais fadigas que outros, mas não há rodízio de funcionários entre setores. É perceptível que, apesar das paradas para descanso a cada hora, o rendimento cai durante o dia.
- Falta de planejamento completo para o setor: como o planejamento leva em conta apenas uma máquina, a ordem de produção das outras é realizada durante o processo produtivo e gera ociosidade ou excesso de trabalho, tanto das máquinas quanto dos trabalhadores. Pode haver falta de matéria-prima para alimentar as máquinas e há estoques entre processos, o que mostra claramente que não há um balanceamento da linha.
- Falta de simultaneidade entre produção e montagem: a máquina que produz a peça volta é a que demanda maiores ajustes. Consequentemente, se estes não estão corretos o operador de montagem terá de reajustar a peça com o martelo para que seu encaixe fique correto, o que aumenta sua fadiga e ocasiona perda de tempo e mão de obra. Durante o processo de produção é comum a máquina de produção da peça volta produzir peças para serem montadas

posteriormente. Este tipo de situação além de gerar grande quantidade de estoques entre processos pode gerar retrabalho na montagem.

- **Desorganização do espaço físico:** A desorganização do espaço físico gera falta de espaço para movimentação e conseqüentemente atrasos. Há caçambas para o armazenamento de grande volume de peças no setor. O problema se agrava quando são alocadas caçambas além do previsto obstruindo as passagens. A montagem é a mais prejudicada porque é preciso buscar a peça reta e os pinos constantemente para executá-la. Quando as caçambas estão no caminho é preciso fazer desvios e isto aumenta o tempo do percurso.
- *Layout:* a distância entre o armazenamento das peças para montagem e o operador também é um aspecto a ser melhorado, uma vez a localização do estoque é desfavorável a agilidade de busca das peças.
- **Não há previsão de parada das máquinas:** a fábrica executa apenas a manutenção corretiva, ou seja, não há plano de manutenção nem paradas previstas. Foi observado durante o tempo do estágio várias paradas não planejadas por máquinas com problemas. Algumas correções são rápidas e outras são demoradas, as paradas podem demorar a dias para que a manutenção seja completa e a máquina volte a funcionar.
- **Descumprimento do regulamento:** os operadores fazem descanso de sete minutos a cada hora, mas os setores não param ao mesmo tempo. Neste tempo é comum ver operadores de outros setores visitarem os vizinhos, atrapalhando o serviço de quem está trabalhando. É comum também este tempo não ser respeitado.
- **Hora extra:** Durante o período de observação foi observado que houve horas extras em alguns dias, tanto do mecânico que chega antes para ligar as máquinas quanto dos funcionários para conseguir entregar a produção no tempo programado.

5.6 MAPA DO ESTADO ATUAL

Com os dados e informações apresentados nos itens 4.4 e 4.5 foi possível fazer o desenho do mapa de fluxo de valor atual. O desenho do primeiro mapa é importante, uma vez que é através dele que será possível encontrar os desperdícios

no processo. Após elas serem descobertas são feitas as propostas de melhorias do processo para, em seguida, realizar a construção do mapa futuro. Ele é o guia para realizar as mudanças que irão tornar o processo mais eficiente.

Foram desenhados três mapas: um para o processo de fabricação da peça reta, representado na Figura 8, um para a fabricação da peça volta, representado na Figura 9, e o terceiro com os demais processos até a lavagem apresentado na Figura 10.

Durante o tempo de observação notou-se que o tempo de fila oscila. Em alguns casos a produção chega a ficar uma semana esperando para continuar o processo em outros ela ocorre de forma direta.

O tamanho do lote de produção é o valor da demanda média, mas não é preciso o lote estar completo para as peças irem para a próxima etapa. Nas operações que possuem estoque entre processos o lote de produção foi dividido pelo número de finalizações. Isto significa que a cada finalização as peças prontas na estação de trabalho seguem para a próxima etapa. A única exceção é na montagem, nela o lote foi dividido em oito porque é necessário haver grande quantidade de peças fabricadas para elas irem para a próxima etapa. O tempo inicial é de 16 dias porque é o tempo médio que a peça fica em estoque.

Para simular a produção e definir o tempo necessário para produzir cada parcela do lote, como explicado no parágrafo anterior, foi usado o software Flexsim. Nele foi montado a simulação do processo com os tempos-padrão ponderados para obter os tempos de espera, o tempo para produzir uma peça, um lote ou dois lotes. O desenho do processo realizado no Flexsim está na Figura 14 no apêndice.

No Flexim foi montada a simulação com duas máquinas volta e dois montadores, as outras operações possuíam apenas uma máquina. Após a montagem foi colocado um estoque porque atualmente a empresa trabalha desta forma. Enquanto um tamanho de dobradiça avança para a rebiteagem os outros tamanhos de dobradiças esperam. Quando termina de produzir a peça as máquinas sofrem setup e outro tamanho de dobradiça é fabricado, e assim sucessivamente.

As Figuras 8,9 e 10 mostram o mapa de fluxo de valor do processo 1, 2 e 3 respectivamente.

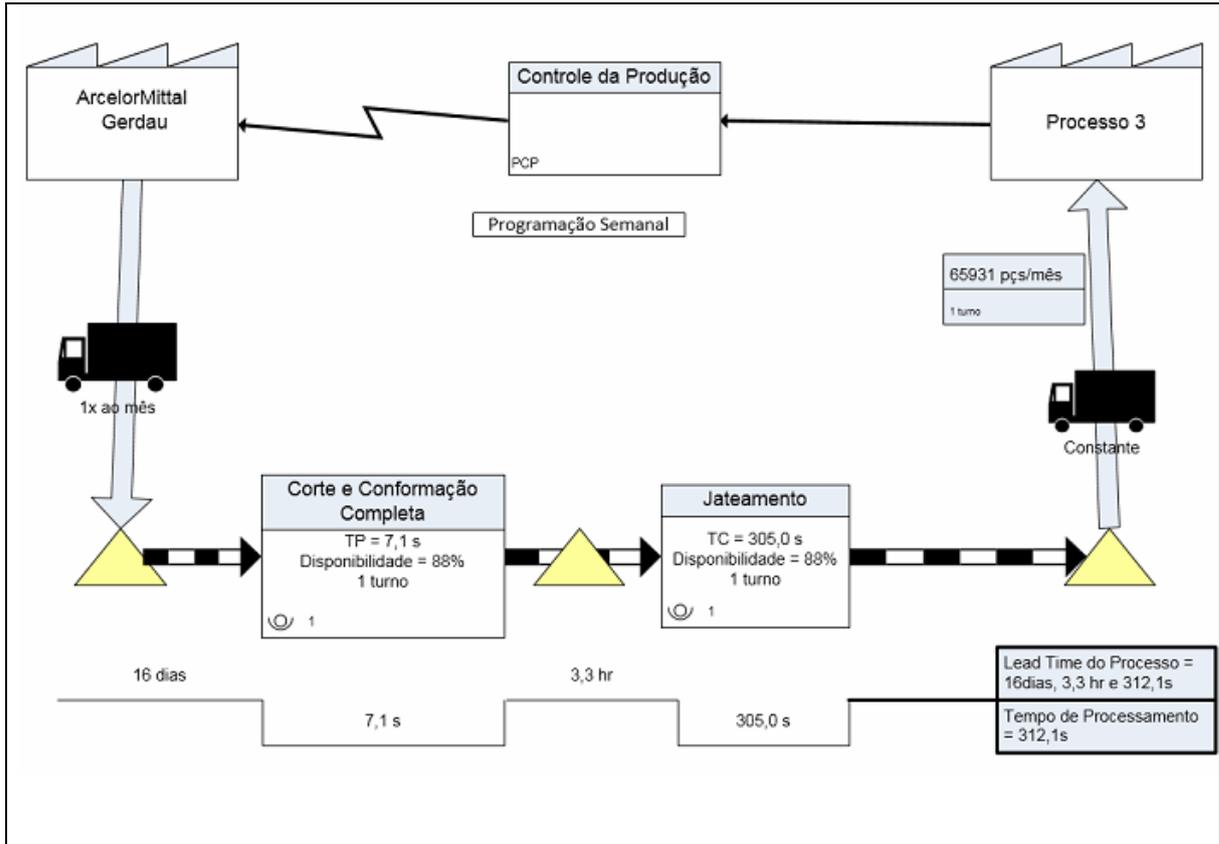


Figura 8: Mapa do fluxo de valor do processo 1: peça reta

Fonte: autor

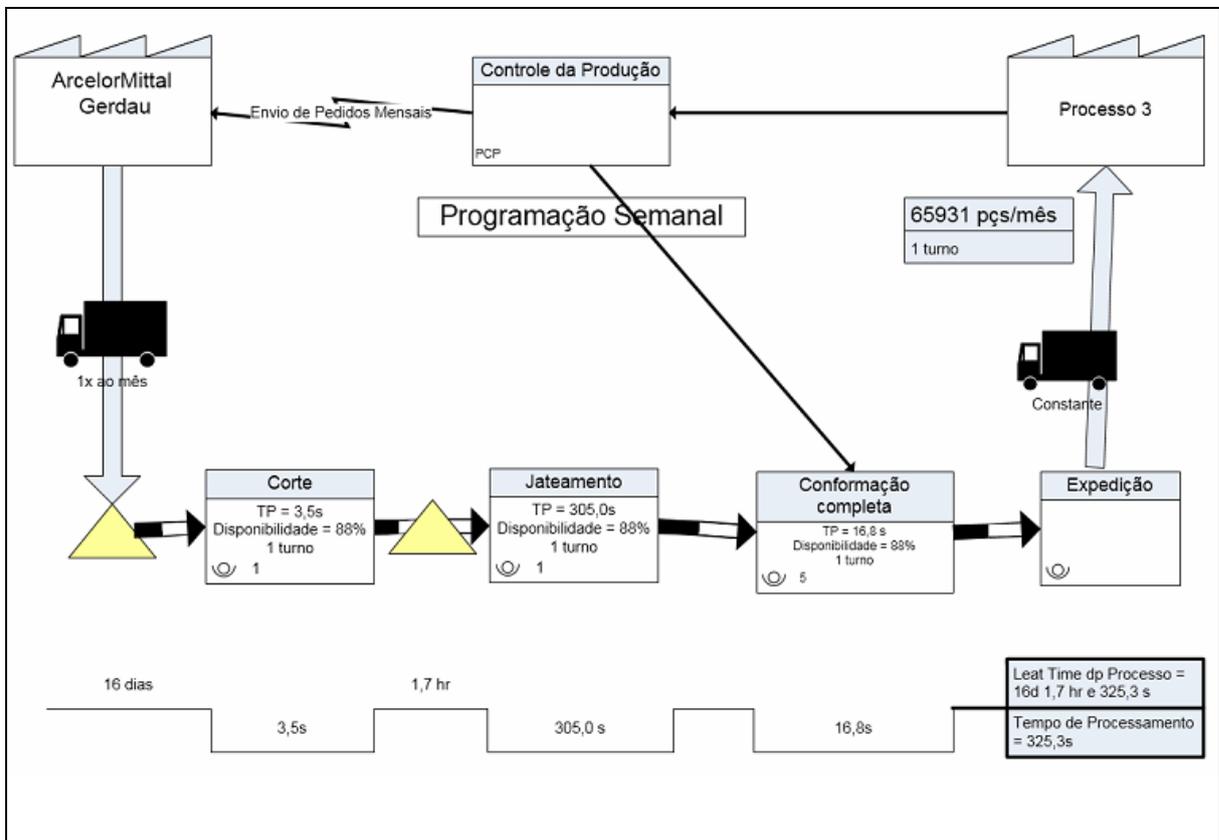
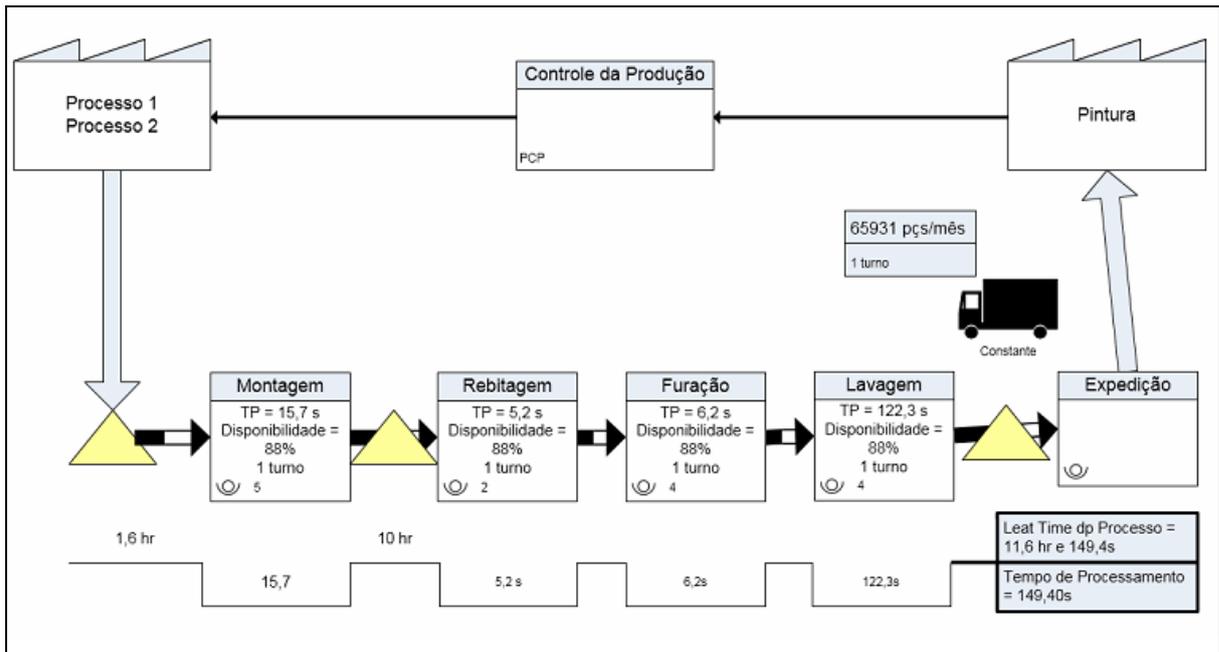


Figura 9: Mapa do fluxo de valor do processo 2: peça volta

Fonte: autor



O tempo total da operação para produzir a primeira peça do lote é de 16 dias, 13,3 hr e 461,5s, deste tempo apenas 461,5s agrega valor ao produto. Aproximadamente 13,3 hr é estoque entre processo e 16 dias e estoque de matéria prima. De acordo com a simulação no Flexsim o lote total necessita de aproximadamente 55,3 hr para ser produzido. Este valor é acima do tempo semanal disponível para produção que é de 44 hr.

Quando se compara a o *lead time* do processo com o tempo de agregação de valor nota-se uma grande diferença. Devido principalmente às esperas entre processos, não balanceamento de linha, e desperdícios de tempo e mão de obra com conserto das peças.

Os tempos de espera dentro da empresa são variáveis. Algumas peças em que há necessidade com urgência quase não há esperas, outras vezes há esperas de dias ou semanas. Então, para o trabalho foi considerado como espera o tempo que a primeira peça passa pelo processo i até o momento que a mesma entra para o processo $i+1$, sendo i igual a corte, jateamento, conformação, etc. Flexsim também é o software usado para calcular o tempo de espera das peças, o rendimento de cada máquina no intervalo de tempo e as filas formadas peças. A Tabela 7 mostra o tempo de produção da primeira peça e da produção total do lote e segundos e horas. A Tabela 8 apresenta o rendimento de cada máquina para a produção total das peças.

Tabela 7: Tempo de produção de uma peça em cada etapa e o tempo total para produção do lote

Operação	Tempo em segundos	Tempo em horas
Corte conf.	7,1	0,0
Jateadora	12.006,0	3,3
Corte reto	3,5	0,0
Jateadora	6.074,0	1,7
Conf. Volta	6.090,0	1,7
Montagem	12.022,0	3,3
Rebitadeira	44.150,0	12,3
Furação	44.156,0	12,3
Lavagem	44.278,0	12,3
Tempo de produção do lote	199.118,6	55,3

Fonte: autor

Tabela 8: Eficiência das operações

Máquina	Eficiência (%)
Corte reto	58,8
Corte e conformação	6,1
Jateadora 1	29,0
Jateadora 2	6,1
Conformação Completa	69,5
Montagem	65,0
Rebitadeira	46,7
Furadeira	49,1
Lavadeira	49,3

Fonte: autor

Na Tabela 7 o que mais chama a atenção é o tempo gasto para produzir uma peça, aproximadamente 12 horas. Deste tempo apenas 461,5s agrega valor ao produto. O restante do tempo é composto por espera entre processos. Isto é, a maioria do tempo o material fica parado esperando para ser trabalhado. Para a produção total do lote é necessário 55,3 hr, valor superior ao tempo total semanal disponível, que é de 44 hr. Já a Tabela 8 apresenta qual a porcentagem de tempo neste período que a máquina e ou operador trabalha. Percebe-se que o rendimento delas pode ser melhorado.

5.7 MAPA DO FLUXO DE VALOR DO ESTADO FUTURO

Para a construção dos mapas de valor futuro foram levados em consideração os pontos que demandam melhorias, que foram apresentados no item 4.5. Foram levados em conta também as informações do item 4.4, que mostra a demanda, a produção no período e o tempo padrão de cada operação.

O jateamento e a lavagem possuem o tempo da máquina para completar o ciclo, por isso não é possível reduzir o seu tempo. Essas máquinas trabalham com grande quantidade de peças por vez e no jateamento a cada ciclo saem centenas de peças. A lavadeira trabalha com fluxo constante e não há formação de fila que antecede este processo.

Existe a necessidade de balancear a linha para diminuir os estoques entre processos. A melhor forma de melhorar este aspecto é tornando o processo contínuo. Não é viável tornar contínua as operações que antecedem o jateamento porque este acontece em grupos e não individualmente.

A montagem deve ocorrer sempre em conjunto com a conformação da peça volta. Com isso os possíveis desajustes são corrigidos no momento e não haverá trabalho extra para consertar o encaixe das peças.

Para realizar a simulação do processo também foi usado o software Flexsim. Como o estudo foi feito apenas para dois tamanhos de dobradiças, que ocupam a metade das máquinas volta, foi usado também a metade das outras máquinas. Foram usadas duas jateadoras apenas para simplificar o modelo e ser perceptível as duas primeiras etapas sendo produzidas separadamente.

Para realizar o mapeamento do fluxo de valor futuro a prioridade foi reduzir os estoques, assim, melhorar o espaço físico do setor e conseqüentemente melhorar os tempos de finalizações, que necessitam de deslocamento. A maior mudança foi com relação os fluxos das peças, em que a ideia principal é montar a partir da conformação da peça volta uma linha de produção contínua. Com este conceito o setor terá duas linhas de produção trabalhando simultaneamente. Ou seja, haverá apenas dois tamanhos de dobradiças sendo produzidas por vez.

Outro ponto de melhoria foi com relação aos *setups*. No período de observação percebeu-se o desperdício de tempo com a comunicação, busca de peças por falta de organização antes de começar a operação entre outras coisas. Com

treinamento e conscientização é possível reduzir este tempo, por isso no mapa futuro foi usado como tempo de *setup* o menor tomado de tempo marcado. O mesmo princípio para o cálculo do novo *setup* foi usado para as finalizações.

A partir deste conceito foram calculados os novos tempos padrão da dobradiça C.00, C.01 e os tempos padrão ponderados. A forma de calcular estes novos tempos padrão foram similares aos apresentados nas tabelas 4,5 e 6. A diferença é que para a finalização de C.00 e C.01 e *setup* o tempo normal considerado foi o menor tempo apresentado nas tabelas 18, 19 e 20 simultaneamente. O TP da dobradiça C.00, C.01 e o TP ponderado das duas dobradiças estão apresentados na Tabelas 9,10 e 11, nesta ordem.

Tabela 9: Tempo padrão do lote e de cada peça da dobradiça C.00

Operação	Nº setup	TP setup (s)	Lote (Unid.)	TP peça	Nº finalizaçã o	TP finalização (s)	TP lote (s)	TP final (s)
Corte chapa	1	5846,4	9278	1,6	3,0	2688,0	28791,8	3,1
Jateadora	0	0,0	928	300,0	10,0	268,8	281028,0	302,9
Conformação completa	1	9744,0	9278	13,2	0,0	0,0	132362,0	14,3
Corte e conformação completa	1	7056,0	9278	4,2	3,0	2284,8	53312,0	5,7
Montagem do conjunto	0	0,0	9278	10,9	26,0	336,0	109432,6	11,8
Rebitadeira	1	1411,2	9278	4,4	4,0	672,0	44580,3	4,8
Furadeira	1	6652,8	9278	5,5	0,0	0,0	57280,4	6,2
Lavadeira	1	12969,6	9278	120,	0,0	0,0	1126329,6	121,4

Fonte: autor

Tabela 10: Tempo padrão do lote e de cada peça da dobradiça C.01

Operação	Nº setup	TP setup (s)	Lote (Unid.)	TP peça (s)	Nº finalização	TP finalização (s)	TP lote (s)	TP Final (s)
Corte chapa	1	5846,4	7205	1,5	3	2755,2	24972,4	3,5
Jateadora	0	0,0	721	300,0	10	268,8	2164188,0	300,4
Conformação completa	1	9744,0	7205	17,2	0	0,0	133475,2	18,5
Corte e conformação completa	1	7056,0	7205	6,1	3	2217,6	57535,0	8,0
Montagem do conjunto	0	0,0	7205	16,2	26	470,4	128889,9	17,9
Rebitadeira	1	1411,2	7205	4,3	4	873,6	35812,2	5,0
Furadeira	1	6652,8	7205	4,8	0	0,0	41502,7	5,8
Lavadeira	1	12969,6	7205	120,0	0	0,0	877569,6	121,8

Fonte: autor

Tabela 11: Tempo padrão ponderado de cada operação

	TP Peça + setup C.00 (s)	Lote (Unid.)	TP peça + setup C.01 (s)	Lote (Unid.)	Tempo padrão ponderado (s)
Corte chapa	3,1	9278	3,5	7205	3,3
Jateamento	302,9	928	300,4	721	300,6
Conformação completa	14,3	9278	18,5	7205	16,1
Corte e conformação completa	5,7	9278	8,0	7205	6,7
Montagem do conjunto	11,8	9278	17,9	7205	14,5
Rebitadeira	4,8	9278	5,0	7205	4,9
Furadeira	6,2	9278	5,8	7205	6,0
Lavadeira	121,4	9278	121,8	7205	121,6

Fonte: autor

As Tabelas 9 e 10 apresentam os novos tempo para cada etapa das peças C.00 e C.01 respectivamente. Mas como o processo é único para ambas variando

apenas o tempo foi usado o tempo padrão ponderado, apresentado na Tabela 11, para executar a montagem do mapa de fluxo de valor futuro.

Com as melhorias previstas e os novos tempos padrão foi desenhado um novo modelo no Flexsim a fim de observar como seria o comportamento do mesmo. A Tabela 12 mostra o tempo para produzir a primeira peça em cada etapa e o tempo total da produção do lote. A Tabela 13 apresenta a porcentagem de aproveitamento de cada máquina para a produção do lote.

Tabela 12: Tempo para produção de uma peça em cada etapa e o tempo total para produção do lote

Operação	Tempo em segundos	Tempo em horas
Corte conf.	6,7	0,0
Jateadora	11343,0	1,6
Corte reto	3,3	0,0
Jateadora	5.740,0	1,6
Conf. Volta	5.756,0	1,6
Montagem	11.357,0	3,2
Rebitadeira	11.362,0	3,2
Furação	11.368,0	3,2
Lavagem	11.490,0	3,2
Tempo de produção do lote	138.556,00	38,5

Fonte: autor

Tabela 13: Eficiência das operações

Máquina	Eficiência
Corte reto	39,3
Corte e conformação	87,1
Jateadora 1	39,3
Jateadora 2	8,7
Conformação Completa	95,8
Montagem	86,3
Rebitadeira	61,0
Furadeira	75,1
Lavadeira	91,8

Fonte: autor

Comparado as Tabelas 7 e 12 foi possível perceber uma melhora significativa com relação ao tempo de produção de uma peça e do lote. Este último reduzindo o tempo total de 55,3 hr para 38,5 hr, mas este tempo está dentro do tempo disponível para produção semanal, que é de 44hr. Com relação as tabelas de rendimento atual e futura, Tabelas 8 e 13, percebe-se também um ganho no seu aproveitamento. A

melhora mais significativa é com relação a máquina de fabricação da peça volta que alcança um rendimento próximo aos 95%.

Com estas melhorias a empresa consegue produzir toda a sua demanda semanal sem a necessidade de acrescentar maquinas ou operadores e ainda hpa uma folga de aproximadamente 5,5 horas.

. As Figuras 11,12 e 13 mostram, respectivamente, o mapeamento do fluxo de valor futuro para o processo 1, 2 e 3.

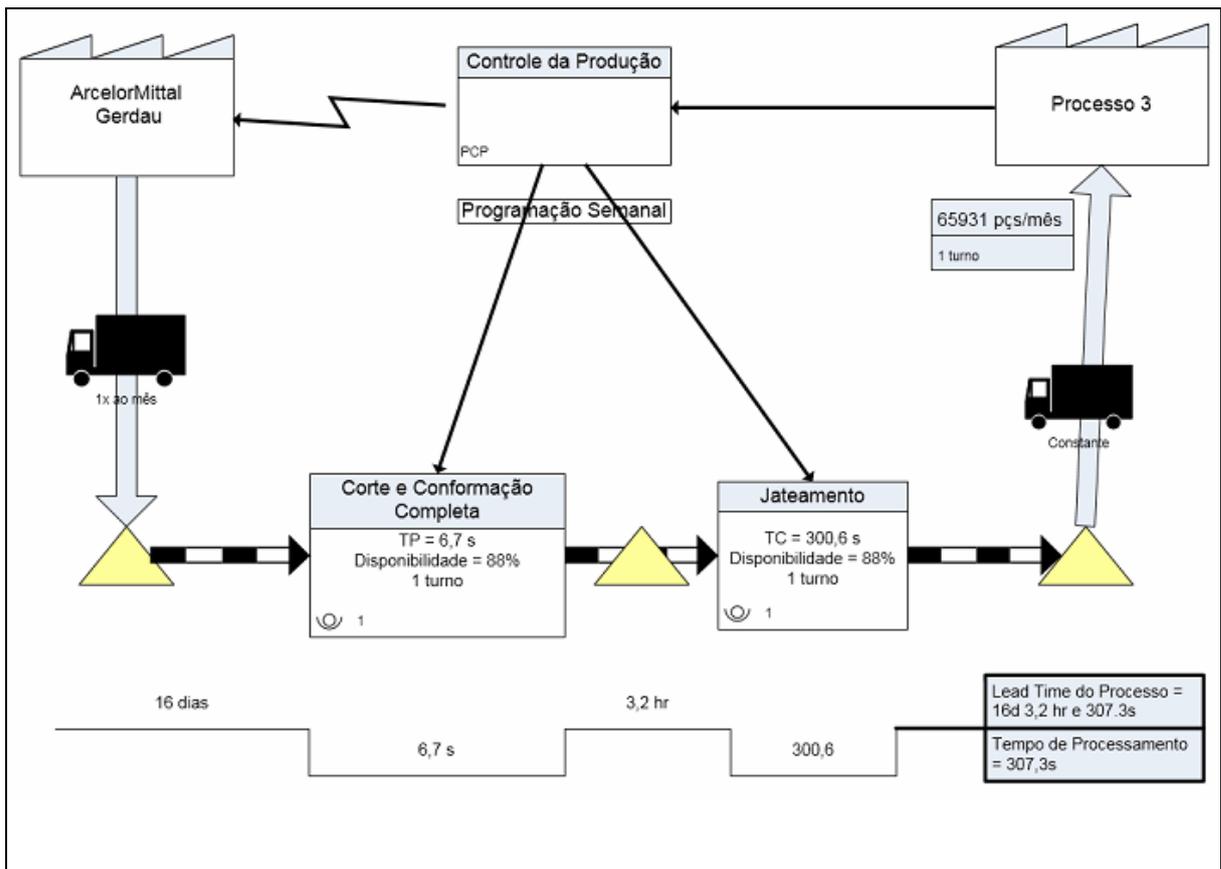


Figura 11: Mapa do fluxo de valor do processo 1: peça reta
Fonte: autor

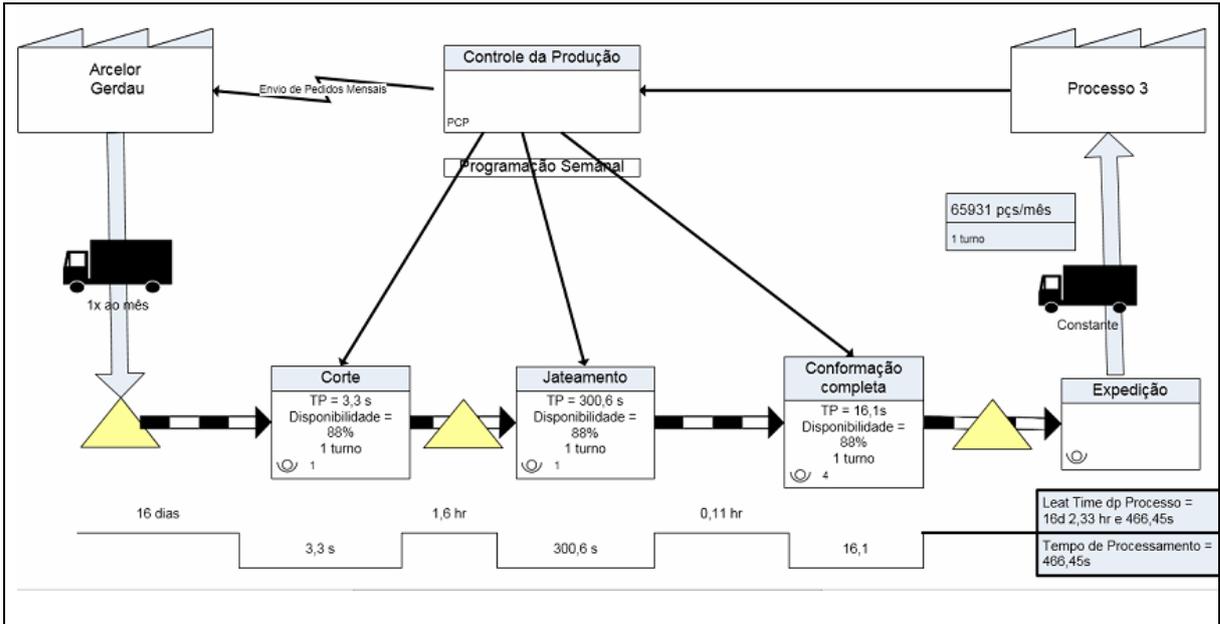


Figura 12: Mapa do fluxo de valor do processo 2: peça volta
 Fonte: autor

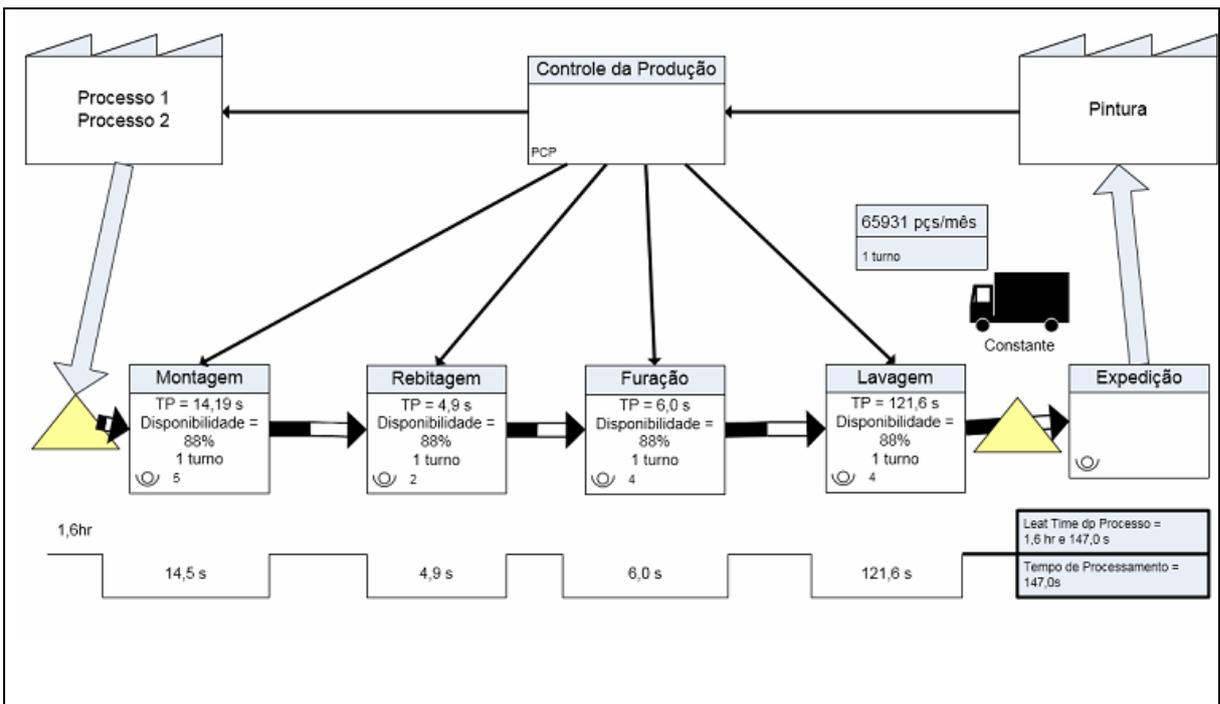


Figura 13: mapa do fluxo de valor processo 3: conjunto
 Fonte: autor

No mapa de valor futuro o tempo necessário para produzir a primeira peça é de 16 dias, 3,2 hr, 454,3 s. Deste valor os 16 dias é o tempo médio que o estoque de matéria prima fica no processo, 3,2 hr é de estoques entre os processos e 454,3 s é o tempo que a matéria prima agrega valor no processo. Com a realização da simulação no Flexsim observou-se que o lote de produção da C.00 e C.01 necessita de 38,5 hr para ser produzido. Praticamente não há filas a partir da montagem da

peça, isto resultou no ganho de tempo médio de estoque entre processo. Este valor está dentro o tempo semanal disponível para a produção e ainda há uma folga de 5,5 hr para aumento da produção.

No Flexsim quando é realizada a simulação do processo futuro sem a restrição de lote de entrada e com a restrição de tempo para 44 hr foi possível observar que o processo é capaz de produzir 18944 peças. Quando comparado a demanda do processo há um ganho de aproximadamente 15% na produção.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo inicial do trabalho é analisar e propor melhorias no processo de forma que fosse possível aumentar a produção, diminuir desperdícios, diminuir o lead time e assim, melhorar a competitividade da empresa no mercado e melhorar o espaço físico do setor. A ferramenta utilizada para isto foi o mapa de fluxo de valor, e sua montagem foi realizada através do conhecimento do processo de produção.

Durante o período de estágio foram realizadas observações no setor para coletar os dados e observar como ocorrem os processos. Com isso foram descobertas fontes de desperdícios, principalmente em relação aos de tempo e mão de obra. A rigorosidade ao que diz respeito ao cumprimento das regras e a comunicação rápida entre os envolvidos nas operações é o suficiente para reduzir uma parte destes desperdícios.

Com a aplicação da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor no setor de dobradiças de porteira foi possível propor melhorias no processo. Através dela foi possível realizar o balanceamento da linha e tornar o processo contínuo a partir da etapa de montagem. O balanceamento propõe que o setor seja dividido em duas linhas de montagem e cada linha trabalhará com duas máquinas de conformação completa. Esta mudança reduz significativamente os estoques entre processos a partir da etapa de conformação completa, reduz o retrabalho com o conserto manual das peças e diminui o número de *setups* de algumas máquinas.

Com a simulação no Flexsim do mapa atual e futuro foi possível observar que houve uma grande melhora com relação aos tempos da produção. Houve a melhora do tempo de produção do lote com a diminuição das esperas entre processos, passando de 55,3 hr para 38,5 hr, um ganho de 30,4% em relação ao tempo de produção. Com este novo tempo é possível produzir toda a demanda semanal esperava com folga, caso a produção necessite que alguns ajustes. Houve ganho superior a um dia de espera, passando de 14,9hr para 3,2hr.

O ganho de produtividade apresentado neste trabalho se implementado pela empresa pode ser obtido sem a necessidade de adquirir maquinário ou contratar funcionário. Ela é obtida apenas com a aplicação das mudanças propostas com relação as linhas de montagem e melhor aproveitamento das máquinas e mão de obra.

É importante ressaltar que apenas a aplicação do mapa de fluxo de valor não é suficiente. As melhoras apresentadas só ocorrerão com a execução das propostas de mudança. A confiabilidade e a melhora da produção está diretamente ligada com a mudança da manutenção de corretiva para preventiva, padronização do *setup*, treinamento dos funcionários e cumprimento das regras.

Para um ganho maior com relação a produtividade e funcionamento do setor é importante também que o PCP seja mais estruturado com a formação dos três níveis hierárquicos. Através disto a empresa conseguirá um planejamento melhor a longo prazo para que seu crescimento ocorra de forma planejada evitando ou diminuindo problemas futuros.

O trabalho foi realizado apenas no setor de dobradiças de porteiros, mas para uma mudança mais significativa na parte produtiva e cultural é interessante que o trabalho seja expandido para os demais setores da empresa.

Este tipo de ferramenta faz parte da filosofia do melhoramento contínuo do processo. Isso significa que este não é o fim de um trabalho, uma vez que a ferramenta deve ter ser usada continuamente. A cada aplicação aparecerá desperdícios e com a eliminação deste em um ciclo pode mostrar outros desperdícios no ciclo seguinte.

APÊNDICE**Tabela 14: Número de observações por operação da dobradiça C.00 e C.01**

Operação	Número de observações C.00	Número de observações C.01
Corte de chapa	9	6
Conformação	2	2
Conte e conformação	18	2
Montagem	48	116
Rebitagem	23	23
Furação	24	15

Fonte: autor

Tabela 15: Tempo das operações da dobradiça C.00

N	Corte chapa 32 p. (s)	Conformação completa (s)	Corte e conformação completa 47 peças (s)	Montagem do conjunto (s)	Rebitagem (s)	Furação (s)
1	42,64	11,83	206,45	8,18	3,41	4,31
2	45,01	11,86	228,6	10,69	3,67	4,93
3	43,36	11,51	183,62	9,55	2,86	4,3
4	44,93	11,82	166,5	19,46	3,08	3,08
5	48,27	12,58	176,32	7,64	5,28	4,93
6	46,42	11,87	169,9	6,58	3,85	4,68
7	48,64	11,65	184,74	6,71	4,19	4,18
8	39,3	11,76	171,65	12,86	3,96	4,35
9	51,81	11,76	203,22	10,94	3,18	3,87
10	47,89	11,36	166,13	9,31	3,13	4,72
11			202,17	8,44	3,4	4,45
12			172,54	9,68	3,12	4,61
13			167,58	14,42	5,24	4,03
14			167,75	8,95	6,29	7,18
15			163,28	9,22	5,6	4,09
16			158,73	11,9	3,45	5,15
17			156,15	6,67	5,2	4,77
18			162,5	6,64	3	4,28
19				10,15	3,66	4,95
20				12,33	4,66	4,16
21				9,11	2,77	6,78
22				6,54	3,8	9,07
23				12,58	2,8	5,21
24				16,99		4,85
25				11,81		
26				11,49		
27				12,39		
28				10,45		
29				8,82		
30				11,36		
31				8,63		
32				14,12		
33				4,97		
34				8,03		
35				12,59		
36				8,08		
37				6,38		
38				8,25		
39				6,55		
40				11,14		
41				7,59		
42				8,85		
43				10		
44				10,6		
45				7,83		
46				6,02		
47				5,68		
48				7,97		

Fonte: autor

Tabela 16: Tempo das operações da dobradiça C.01

N	Corte chapa 25 p. (s)	Conformação completa (s)	Corte e conformação completa 35 peças (s)	Montagem do conjunto (s)	Rebitagem (s)	Furação (s)
1	36,85	14,94	198,01	18,47	3,68	3,68
2	32,63	14,7	195,66	14,15	3,09	4,15
3	31,44	15,97	184,39	14,82	2,93	4,04
4	34,54	15,86	184,02	10,01	3,84	4,88
5	36,5	15,56	180,02	17,34	2,3	3,69
6	32,12	14,83	186,32	10,08	3,31	6,65
7	31,27	15,68	196,24	14,24	2,95	3,7
8	35,24	15,59	197,67	18,51	3,88	4,25
9	33,18	15,98	191,44	15,48	2,95	3,89
10	32,69	14,22	187,09	14,82	4,01	4,12
11				18,51	6,33	4,78
12				9,59	3,22	3,88
13				15,48	3,06	4,58
14				11,59	3,48	4,55
15				14,96	3,16	3,94
16				15,48	3,16	
17				11,85	2,44	
18				11,53	4,03	
29				11,59	3,34	
20				10,9	6,95	
21				14,74	4,72	
22				18,73	5,33	
23				18,23	5,93	
24				15,86		
25				18,47		

Fonte: autor

Tabela 17: Número de observações por finalização

Operação	Número de observações C.00	Número de observações C.01
Corte de chapa	10	11
Corte e conformação completa	11	24
Montagem	176	175
Rebitagem	132	79
Jateamento	83	151

Fonte: autor

Tabela 18: Tempo das finalizações da dobradiça C.00

N	Corte chapa (min.)	Corte e conformação completa 47 peças. (min)	Montagem do conjunto (min)	Rebitagem (min)	Jateamento
1	45	40	15	10	4
2	51	37	16	22	7
3	43	44	10	23	6
4	48	43	8	23	9
5	47	46	13	17	5
6	44	40	12	10	5
7	42	40	5	22	5
8	43	46	6	10	6
9	40	41	10	16	8
10	48	44	5	19	7
11	46	39	10	25	8
12	51	38	9	16	9
13	42	42	11	17	7
14	49	40	14	22	6
15	40	35	9	25	6
16	41	36	14	11	8
17	40	42	15	12	5
18	42	42	10	16	5
19	44	34	15	14	8
20	45	38	5	17	5

Fonte: autor

Tabela 19: Tempo das finalizações da dobradiça C.01

N	Corte chapa (min.)	Corte e conformação completa 35 p. (min)	Montagem do conjunto (min)	Rebitagem (min)	Jateamento
1	47	44	20	24	4
2	44	46	7	19	9
3	46	49	8	17	4
4	43	46	19	24	5
5	49	42	11	16	7
6	42	46	7	25	9
7	50	43	18	27	4
8	52	45	14	19	4
9	47	33	14	13	5
10	51	43	8	26	6
11	42	49	13	25	7
12	47	33	7	25	5
13	45	40	11	13	9
14	47	37	16	17	6
15	41	35	19	19	6
16	52	40	12	18	4
17	51	47	20	21	6
18	52	49	14	13	4
19	45	46	12	21	8
20	41	36	17	17	4

Fonte: autor

Tabela 20: Tempo de setup de cada operação

Corte chapa	Conformação completa	Corte e conformação completa.	Rebitadeira	Furadeira	Lavadeira
95	238	123	25	135	320
91	145	105	29	124	297
87	223	132	21	136	257
106	296	128	35	141	193
119	242	152	40	110	359
100	229	135	37	99	267
88	219	119	39	118	310

Fonte: autor

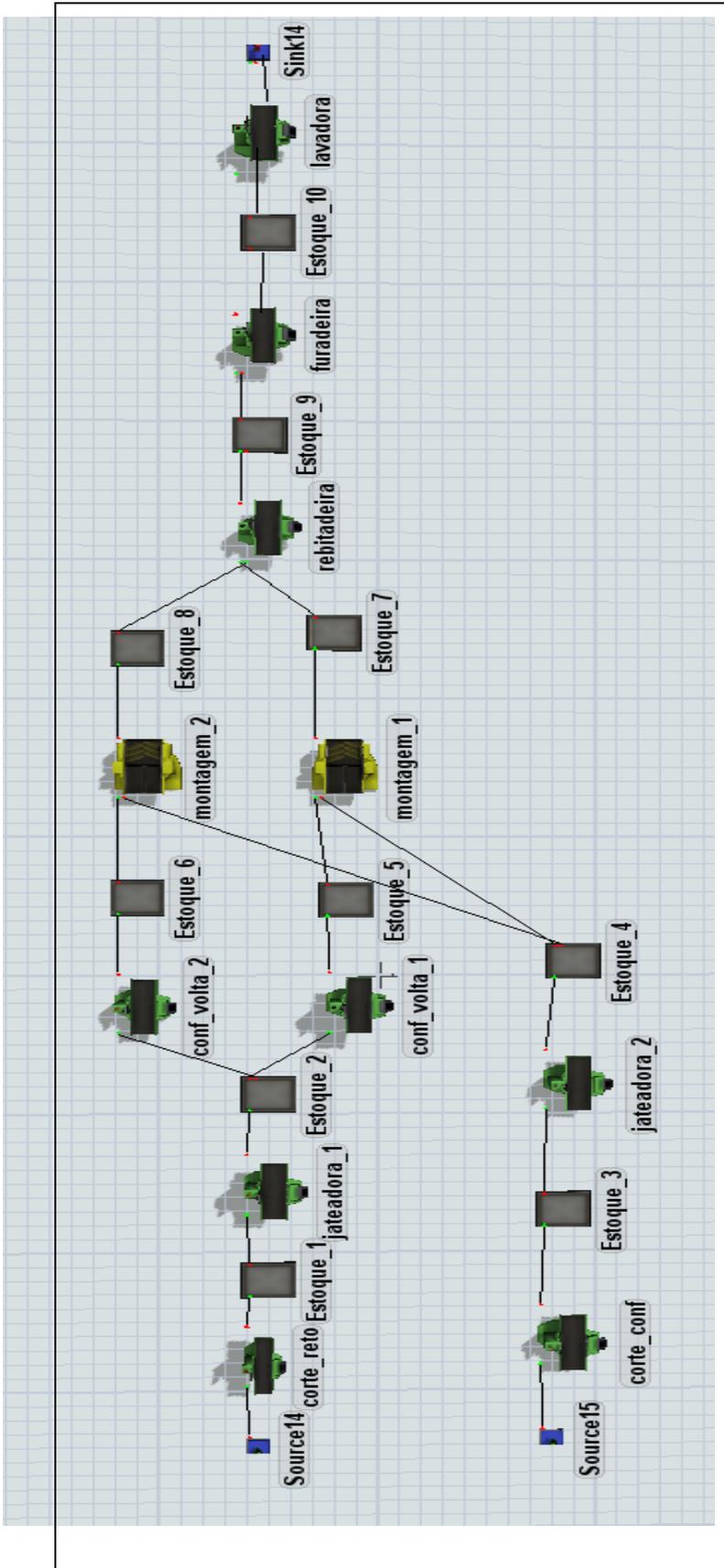


Figura 14: Simulação do processo presente pelo Flexsim

Fonte: autor

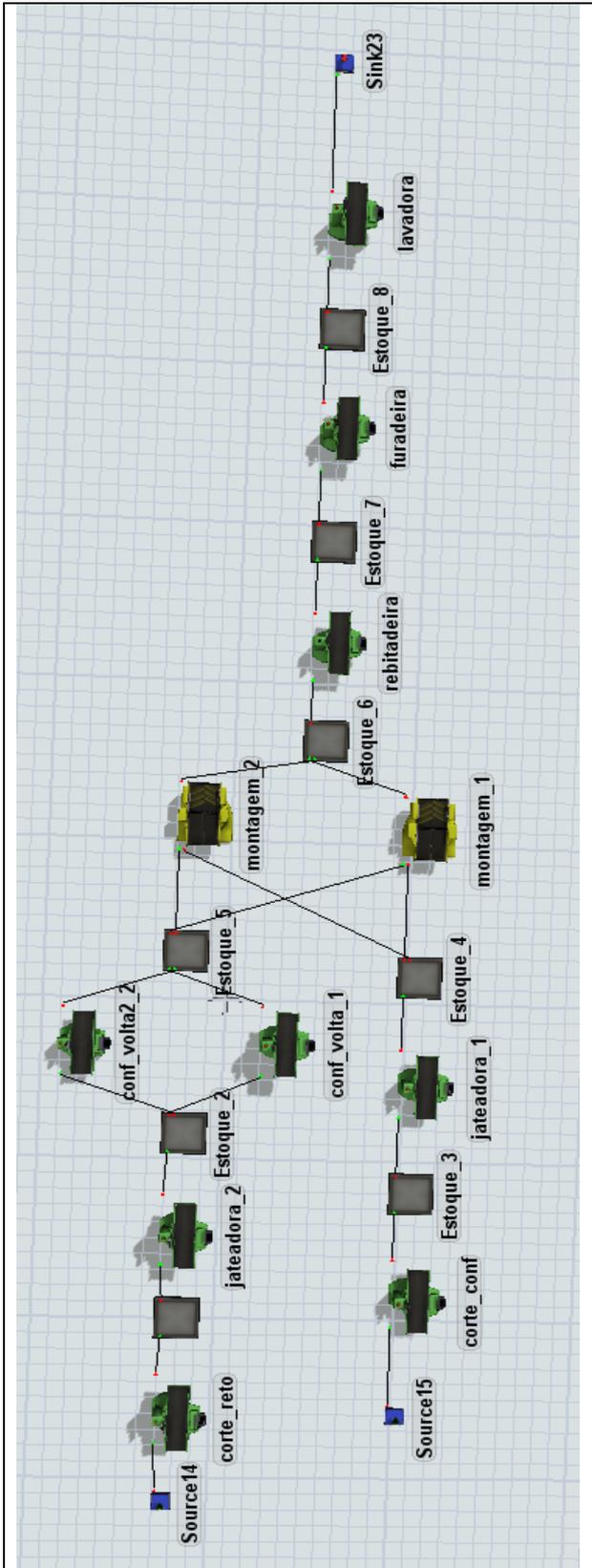


Figura 15: Simulação do processo futuro pelo Flexsim

Fonte: autor

REFERÊNCIAS

ALIZON, F.; SHOOTER, S. B.; SIMPSON, T. W. Henry Ford and the Model T: lessons for product platforming and mass customization. *Design Studies*, v. 30, p. 588-605, 2009.

ANIS, Gerson Castiglieri. **A importância dos estudos de tempos e métodos para o Controle da Produtividade e Qualidade. MBA em qualidade e produtividade** – Uninove, 2010.

BARNES, R, M. **Estudo de Movimentos e de Tempos, Projeto e Medida de Trabalho**. Tradução da 6ª edição Americana, Editora Edgard Blücher Ltda, 1977.

Björkman, T. **The Rationalisation Movement in perspective and some ergonomic implications**. *National Institute of Occupational Health*, Solna, Sweden, 1984.

BONATTO, F.; BETIM, L. M.; BRAGA, A. C.. AGNER, T. V. Engineering Methods for the Elaboration of process sheet in chair manufacturing. *Espacios*, v. 35, p. 11, 2014.

BONATTO, F. **Aplicação do Mapa de Fluxo de Valor em uma indústria moveleira**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

CHEIKHROUHOU, N.; HACHEN, C.; GLARDON, R. A Markovian model for the hybrid manufacturing planning and control method 'Double Speed Single Production Line'. *Computer & Industrial Engineering*, v. 57, p. 1022-1032, 2009.

CIURANA, J. et al. A model for integrating process planning and production planning and control in machining processes. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, v.24, p.532 -544, 2008.ed. Porto Alegre: Brookman, 2001. 212 p.

CUNHA, O. M. C. **Implementação da metodologia 5S e análise de Tempos e Métodos numa linha de montagem de carroçarias**. Tese (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Universidade de Coimbra. Coimbra, 2012.

ESSAFI, M. et al. A MIP approach for balancing transfer line with complex industrial constraints. *Computer & Industrial Engineering*, v.58, p. 393-400, 2010.

FERNANDES, F. C. F.; GODINHO FILHO, M. **Planejamento e controle da produção: Dos fundamentos ao essencial**. São Paulo: Atlas, 2010. 296 p.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, M. de L. B. **Um modelo de nivelamento da produção à demanda para a indústria de confecção do vestuário Segundo os novos paradigmas da melhoria dos fluxos de processos**. 2002. 320 f. Tese (programa de pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2002.

HAEFNER, B.; KRAEEMER, A. STAUSS, K.; LANZA, G. Quality Value Stream Mapping. **Procedia**, v.17. p. 254- 259. 2014.

HOUGH, J. R.; WHITE, M. A. Using stories to create change: The object lesson of Frederick Taylor's "pig-tile". **Jornal of Management**, v. 27, p. 584-601, 2001.

JAYARAM, J.; DAS, A.; NICOLAE, M.. Looking beyond the obvious: Unraveling the Toyota Production System. **Int, J. Production Economics**. v. 128. p. 280-291, 2010.

KNOLLMANN, M.; WINDT, K.; DUFFIE, N.. Evaluation of Capacity Control And Lead Time Control In A Control- Theoretic Model. **Procedia**, v.17. p. 392 – 397, 2014.

LUZ, C, A, A; BUIAR, D, R. **Mapeamento do Fluxo de Valor – Uma ferramenta do Sistema de Produção Enxuta**. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 2004.

LUSTOSA, L., et al. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MAIA, M. F.; BARBOSA, W. M. **Estudo da utilização da ferramenta mapeamento de fluxo de valor (MFV) para eliminação dos desperdícios da produção**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

NICODEMO, L. G. G.; **Um método para direcionar a implantação das Ferramentas Lean: Uma aplicação numa empresa automotiva**. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

RAMOS, D. F. **Desenvolvimento e aplicação de um método de redução de falhas em produtos forjados**. Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, 2011.

RINGEN, G.; ASCHEHOUG, S.; HOTSKOG, H.; INGVALDSEN, J. Integrating Quality and Lean into a Holistic Production System. **Procedia**. P. 242-247, 2014

ROTHER, M; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: *Lean Institute* Brasil, 1999.

SAIF, U. et al.. Pareto based artificial bee colony algorithm for multi objective single model assembly line balancing with uncertain task times. **Computer & Industrial Engineering**, v. 76, p 1-15, 2014.

SALEH, K. S.. Productive improvement of a motor vehicle inspection station using motion and time study techniques. **Jornal of King Saud University – Engineering Sciences**, v. 23, p. 33-41, 2011.

SCHUH, G.; POTENTE, T.; HAUPTVOGEL, A.. Methodology for the evaluation of forecast reliability of production planning systems. **Procedia**, v17, p. 469 – 474, 2014.

TOLEDO JUNIOR, Itys-fides Bueno. **Tempos & Métodos**. 10ª edição. Mogi das Cruzes: Editora Itys Fides, 2004. 165 p.

TSAY, Tunglun, SATO, Ryo. A UML model of agile production planning and control system. **Computer in Industry**, v53, p 133-152, 2004.

TUBINO, D.F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo: Editora Atlas, 2000. 217 p.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção, teoria e prática**. São Paulo: Editora Atlas, 2009. 208 p.

TURRIONI, J. B. **Metodologia da pesquisa em engenharia de produção**. Itabuna: UNIFEI, 2011. 202 p.

TYAGI, S., et al. Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process. **International Journal of Production Economics**. V.160 p. 202-212, 2015.

VILLA, A.; TAURINO, T. From JIT to SERU, for a production as lean as possible. **Procedia Engineering**. v.63, p. 956-965, 2013.