

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

KARINA SOUZA CRUZ

**PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO
EM UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2015

KARINA SOUZA CRUZ

**PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO
EM UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Medianeira, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Me. Reginaldo Borges

MEDIANEIRA

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Medianeira

Coordenação de Engenharia de Produção
Curso de graduação em Engenharia de Produção



TERMO DE APROVAÇÃO

Planejamento, programação e controle de produção em uma indústria moveleira

Por

Karina Souza Cruz

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 20 de novembro 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Me. Reginaldo Borges
Prof. Orientador

Prof^o. Me. Neron Alipio Cortes Berghauser
Membro titular

Prof^a. Me. Peterson Diego Kunh
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por me conceber a vida, por tornar tudo isso possível, por me proteger e me guiar em todos os momentos.

Em especial, agradeço aos meus pais Carlos e Helena, pelo apoio, incentivo, motivação, amor, por tudo o que são para mim, meus maiores exemplos.

Ao meu irmão, Bruno, por sempre estar ao meu lado me apoiando, dando-me força e sempre acreditando no meu potencial.

Agradeço aos meus familiares que sempre estiveram torcendo por mim.

À todas as pessoas queridas que conheci nestes últimos cinco anos, amigos e colegas que tornarem esta jornada muito mais alegre e inesquecível.

Ao meu querido namorado, Gerson, pela parceria, cumplicidade, apoio, paciência, por tornar minha vida mais feliz.

Ao Prof^o Reginaldo Borges, pelas orientações deste trabalho, pela disponibilidade, paciência, disposição para ajudar e passar conhecimento.

Aos membros da banca examinadora, Prof^o Peterson Diego Kunhe e Prof^o Neron Alipio Cortes Berghauser, pelo apoio, disponibilidade e sugestões de melhorias para este trabalho.

Aos demais professores que conheci durante o curso, pois cada um deles contribuíram de alguma forma.

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela estrutura, recursos e excelência de ensino.

À empresa que participou deste estudo, pela colaboração, apoio, conhecimento repassado e a oportunidade no período de estágio. Foi um período extremamente importante para mim tanto para o desenvolvimento profissional quanto pessoal.

Por fim, sou grata a todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização desta pesquisa.

Muito obrigada a todos!

RESUMO

Cruz, Karina Souza. **Planejamento, programação e controle de produção em uma indústria moveleira**. 2015. 73 f. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2015.

Em razão da concorrência cada vez maior, as empresas vêm buscando alternativas para se manterem competitivas no mercado. Este trabalho tem a finalidade de readequar o planejamento e controle da produção de uma indústria moveleira, localizada na região Oeste do Paraná. Para isto, será aplicado os conceitos e ferramentas da manufatura enxuta, buscando adequar a carga de trabalho dos funcionários, reduzir os custos, aumentar a produtividade e reduzir o tempo de fabricação do produto. Dentre as diversas técnicas existentes, que visa minimizar ou até mesmo eliminar os pontos críticos por meio dos conceitos da manufatura enxuta, está o balanceamento de linha, que será realizado na empresa estudada. O balanceamento de linha estabelece uma sincronia nos processos de produção, atuando de forma balanceada, rítmica, fazendo fluir toda a produção e melhorando a eficiência dos processos produtivos. Programar a produção auxilia a empresa a ter um bom desempenho fazendo com que todos os recursos sejam utilizados de forma eficiente.

Palavras-chaves: Indústria moveleira. Balanceamento. Manufatura enxuta.

ABSTRACT

Cruz, Karina Souza. **Planning, scheduling and production control in a furniture industry**. 2015. 73 f. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2015.

Due to the increasing competition, companies are seeking alternatives to remain competitive in the market. This work aims to readjust the planning and control of production of a furniture industry, located in western Paraná. For this, it will apply the concepts and tools of lean manufacturing, seeking to adapt the employee workload, reduce costs, increase productivity and reduce product manufacturing time. Among the many existing techniques aimed at minimizing or even eliminating the critical points through the concepts of lean manufacturing is the line balancing, to be held in the studied company. The line balancing establishes a sync in production processes, working in a balanced, rhythmically, making the entire production flow and improving efficiency of production processes. Schedule production helps the company to perform well causing all resources are used efficiently.

Keywords: Furniture industry. Balancing. Lean manufacturing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Elemento do sistema de produção.....	15
Figura 2- Operação do MRP: Insumos e Resultados Fundamentais.	21
Figura 3- Dinâmica da programação puxada.	24
Figura 4- Dinâmica da programação empurrada.	25
Figura 5- Valores típicos para a Tolerância T.....	31
Figura 6-Fluxograma do processo produtivo das cadeiras.....	41
Figura 7- Modelo de cadeira estudada.....	42
Figura 8- Fluxograma do processo produtivo.	47
Figura 9- Tempos das operações atuais e tempo de ciclo.	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1-Tipos de sistemas produtivos.....	16
Quadro 2- Folha para anotação dos tempos cronometrados.	37
Quadro 3- Operações da cadeira.	44
Quadro 4- Precedências das operações.	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- quantidade de madeiras e componentes por painel.....	48
Tabela 2- Tempo padrão para a fabricação de um cadeira.....	49
Tabela 3- Balanceamento de linha da produção da cadeira.	53
Tabela 4- Resumo da quantidade de funcionários.	55
Tabela 5- Alocação das atividades nos postos de trabalho.....	55

LISTA DE SIGLAS

BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
JIT	<i>Just in Time</i>
MRP	<i>Material Requirements Planning</i>
MRP II	<i>Manufacturing Resources Planning</i>
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PMP	Plano Mestre de Produção
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 Objetivo Geral.....	12
1.1.2 Objetivos Específicos.....	12
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO.....	14
2.2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	17
2.2.2 Planejamento Mestre de Produção.....	18
2.2.3 Planejamentos das Necessidades de Materiais (MRP).....	19
2.3 MANUFATURA ENXUTA.....	22
2.3.2 Desperdícios.....	25
2.4 ESTOQUE.....	26
2.5 DEMANDAS.....	28
2.6 BALANCEAMENTO DE LINHA.....	29
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	35
3.2 INSTRUMENTOS PARA COLETAS DE DADOS.....	36
3.3 INSTRUMENTOS PARA ANÁLISE DOS DADOS.....	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1 A EMPRESA.....	39
4.2 PROCESSO PRODUTIVO.....	42
4.3 ANÁLISE DAS ATIVIDADES.....	57
4.3.1 Plaina.....	57
4.3.2 Desempenadeira, refiladeira e destopadeira.....	58
4.3.3 Serra fita e serra circular.....	59
4.3.4 Banda larga.....	60
4.3.5 Fresadora.....	61
4.3.6 Lixadeira flap.....	61
4.3.7 Lixadeira orbital e lixadeira de cinta.....	61
4.3.8 Pré-montagem da parte dianteira.....	62
4.3.9 Lixação.....	62
4.3.10 Prensagem dos painéis.....	63
4.3.11 Inspeção.....	64
4.3.12 Pintura.....	64
4.3.13 Retirada do excesso da pintura.....	65
4.3.14 Telas de palha.....	66
4.3.15 Respigadeira.....	66
4.3.16 Copiadora.....	67
4.3.17 Dueto e master.....	67
4.4 RECOMENDAÇÕES.....	67
4 CONCLUSÃO	69
REFERÊNCIAS	71

1 INTRODUÇÃO

O setor moveleiro nacional cresceu muito nos últimos anos, e em uma análise dos últimos cinco anos, esse setor registrou um crescimento de 27,1%, passando de 370 milhões de peças produzidas em 2009 para 470 milhões em 2013 (GALLUCCI, 2014).

O estado de São Paulo detém o maior número de empresas moveleiras, e a região Sul do Brasil concentra os maiores polos produtores e exportadores de móveis, (SEBRAE, 2014). A localização dessas empresas em polos faz com que a competitividade aumente, devido a suas proximidades (KROTH et al., 2007).

No decorrer dos anos, alguns segmentos da indústria de móveis brasileira experimentaram mudanças em sua base produtiva e um imediato ajuste na abertura comercial da economia brasileira e de globalização em âmbito mundial. Com isso, a competitividade se tornou maior e a busca por um produto de qualidade no mercado passou a ser um grande desafio (BNDES, 2002).

A manufatura enxuta vem como ferramenta que possibilita situações de competitividade nas organizações. O seu principal objetivo é uma nova abordagem do processo produtivo, procurando otimizar o processo de produção com a aplicação de conceitos de redução de desperdícios, melhoria dos processos, maior interação com fornecedores e clientes, resultando em um sistema enxuto e lucrativo (ROSA et al, 2010).

A produção enxuta significa fazer mais com menos, ou seja, menos tempo, menos espaço, menos esforço humano, menos máquinas, menos material, fornecendo aos clientes o que eles desejam (WOMACK; JONAS, 1998 apud FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010). A manufatura enxuta busca aumentar a eficácia dos sistemas produtivos eliminando os desperdícios encontrados na cadeia de valor (TUBINO, 2009). Uma das práticas eficazes para eliminar os desperdícios é a programação em produção.

A programação da produção permite que os produtos tenham a qualidade especificada, com menor estoque, menores custos e melhorar o nível de atendimentos aos clientes (MOREIRA, 2011). O balanceamento de linha é uma ferramenta da programação da produção, com a função de definir um conjunto de

atividades executadas por operários e máquinas, garantindo tempos padrões entre os postos de trabalho (ROCHA, 2007).

Esse estudo será realizado em uma indústria moveleira, localizada na região Oeste do Paraná. A empresa atua no mercado há 25 anos, e tem a linha de produção bastante ampla, fabricando mais de 150 variedades de produtos entre cadeiras, mesas, bases para mesas, balcões, aparadores, poltronas, rack's e mesas de centro.

O presente estudo tem a finalidade de realizar uma readequação no planejamento e controle da produção no processo de fabricação dos móveis. Dessa forma, será realizado uma revisão do processo produtivo da empresa, e posteriormente, a aplicação de um balanceamento de linha possibilitando alocar corretamente os equipamentos e funcionários necessários na linha de produção, de forma a melhorar a eficiência no processo produtivo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Readequar o planejamento e controle da produção do processo de fabricação de móveis de uma indústria localizada na região Oeste do Paraná.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Determinar os tempos das tarefas nos setores da empresa;
- b) Verificar os insumos de entrada para o PCP;
- c) Balancear a linha de produção;
- d) Realizar a programação dos itens que serão produzidos.

1.2 JUSTIFICATIVA

A escolha da empresa para a realização deste trabalho está relacionada com os inúmeros assuntos relacionados a Engenharia de Produção que poderiam ser abordados, e pelo grande crescimento das indústrias moveleiras nos últimos anos. Devido a esse crescimento, torna-se necessário que as empresas adaptem seus processos produtivos de forma a atender à demanda.

O planejamento e controle da produção tem um papel importante no contexto de melhoria dos resultados da empresa. De acordo com Slack *et al.* (2009), as atividades de planejamento e controle harmonizam os sistemas, procedimentos e decisões que atrelam várias características da oferta e da demanda. Dessa forma, unir o suprimento e a demanda, é que fará com que os processos produtivos sejam eficazes e eficientes e que produzam produtos e serviço justamente como o cliente deseja.

A programação da produção é um dos principais fatores responsáveis pelo bom desempenho da empresa, uma boa programação significa que todos os recursos disponíveis na empresa estão sendo utilizado de forma eficiente (PRADO, 2012).

Nas atividades industriais, programar a produção, envolve o processo de distribuir as operações necessárias pelos centros de trabalho, e ordenar as operações que serão realizadas (MOREIRA, 2011). Assim, balancear a linha de produção das empresas é importante, pois contribui para a diminuição dos custos de processamento e operação das máquinas, minimização os tempos ociosos dos equipamentos ou centros de trabalho, minimização do tempo para completar as tarefas, entre outras vantagens (MOREIRA, 2011).

O estudo do balanceamento de linha na indústria moveleira torna-se relevante para a empresa, pois busca melhorar a eficiência de seu processo produtivo, e conseqüentemente, contribui para a redução dos custos na fabricação dos seus produtos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO

A administração da produção preocupa-se com o Planejamento, a Organização, Direção e o Controle das operações produtivas, de forma a se conciliar com os objetivos da empresa (MOREIRA, 2008).

Para Corrêa e Corrêa (2012), a administração da produção pode ser definida como a atividade de gestão dos recursos escassos (humanos, tecnológicos e outros), de sua influência e dos processos que fazem e entregam os produtos e serviços com a finalidade de garantir satisfação aos clientes com relação ao atendimento de suas necessidades, qualidade, tempo e custos.

As atividades da administração da produção podem contribuir para o sucesso da organização, quando os recursos utilizados para a produção de bens e serviços forem utilizados de maneira eficaz e trazendo satisfação aos clientes (SLACK *et al.*, 2009).

A administração da produção aborda a forma na qual as organizações produzem bens e serviços. Toda organização produz alguma espécie de produto e/ou serviço, portanto existe uma parte da organização que é responsável por esta atividade, denominada função de produção, embora nem sempre as organizações utilizam essa denominação (SLACK *et al.*, 2009).

A palavra função indica um conjunto de atividades voltadas a fabricação do produto ou prestação de serviços, essas atividades são agrupadas em departamentos ou divisões dentro da empresa (MOREIRA, 2011).

Slack *et al.*, (2009), destacam a existência de três funções essenciais para o bom desempenho da empresa: Produção, Marketing e Finanças. Sendo que, quase todas as organizações têm estas funções, pois todas as empresas precisam vender seus serviços, satisfazer seus clientes e criar maneiras de proporcionar a satisfação para os clientes no futuro.

Geralmente, a função de produção processa insumos e utiliza recursos de transformação. As saídas dos processos produtivos são um composto de serviços e bens físicos, que representam um conjunto de valor para o cliente, de modo a criar

nele satisfação de acordo com sua expectativa (CORRÊA; CORRÊA, 2012). Para que um sistema produtivo consiga converter insumos em produtos, é necessário determinar os prazos, planos e ações baseadas nesses planos, para que os objetivos determinados pela empresa possam tornar realidade (TUBINO, 2009).

Os insumos são recursos que serão transformados em produtos (matérias-primas), e recursos que permite o funcionamento do sistema (mão de obra, máquinas, equipamentos, instalações, capital e outros). E o processo de transformação, do ponto de vista da manufatura, altera o formato das matérias primas ou altera a composição e forma dos recursos. Com relação aos serviços, não existe uma transformação, pois a tecnologia utilizada é mais baseada no conhecimento do que em equipamentos (MOREIRA, 2011). A Figura 1 apresenta os elementos do sistema de produção.

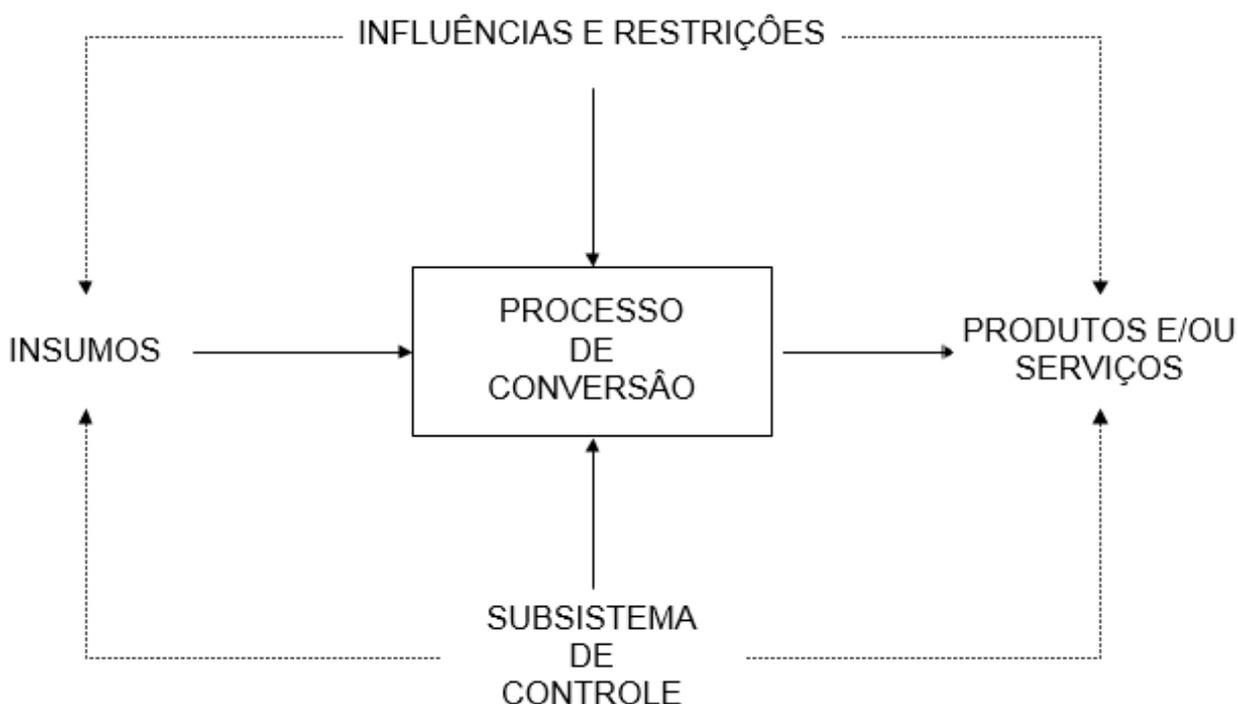


Figura 1- Elemento do sistema de produção
Fonte: Moreira (2011).

De acordo com Moreira (2011), o sistema de controle visa assegurar que as programações sejam cumpridas, que os padrões sejam obedecidos, que os recursos sejam usados de forma eficaz e que a qualidade desejada seja obtida. O mesmo autor comenta que o sistema de produção sobre influência do ambiente externo (condições econômicas do país, política tecnologia etc.) e interno (Marketing, Finanças, Recursos Humanos etc.), que podem afetar o seu desempenho.

Tubino (2009), classifica os sistemas produtivos em quatro tipos, de acordo com o grau de padronização dos produtos e o volume de produção necessário para atender o mercado consumidor. Os tipos de sistemas produtivos são mostrados no Quadro 1.

Tipos de sistemas produtivos	Características
Sistemas contínuos	Os produtos ou serviços são altamente padronizados, há facilidade de automatizar a produção, não há diferenciação de um produto para outro, pouca flexibilidade para mudar um produto e a demanda por produtos é alta. São necessários altos investimentos em equipamentos e instalações, os funcionários contratados têm baixo custo para a empresa, pois eles são responsáveis apenas para a manutenção e condução das máquinas.
Sistemas em massa	São utilizados na produção em larga escala de produtos com alta padronização. Porém, não é possível fazer a automatização em processos contínuos, pois exige-se mão de obra especificada na transformação do produto. A variação entre produtos acabados ocorre, normalmente, somente na montagem final, sendo os seus componentes padronizados de maneira a possibilitar a produção em larga escala.
Sistemas em lotes	A produção (bens ou serviços) é de volume médio sendo padronizada em lotes. Cada lote segue várias programações na sequência, que precisam ser programadas conforme as programações anteriores estiverem sendo feitas. Assim, o processo produtivo tem que ser flexível com a finalidade de atender diferentes pedidos dos consumidores e alterações na demanda, usando equipamentos poucos especializados, geralmente dispostos em centros (departamento) de trabalho, e mão de obra de pessoas que sabem desempenhar várias atividades da empresa.
Sistema sob encomenda	É voltado ao atendimento das necessidades específicas do cliente, as demandas são baixas e até por unidade. A data de término do produto é negociado com o cliente, e quando terminado o sistema produtivo se foca em um novo projeto. Esse sistema é de alta flexibilidade com foco em atender as especificações do cliente e o custo produtivo é alto.

Quadro 1-Tipos de sistemas produtivos

Fonte: Adaptado Tubino (2009).

2.2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Planejamento e controle da produção envolve um conjunto de decisões com a finalidade de definir o que, quanto e quando produzir, comprar e entregar, e também para quem, onde e como produzir. Essas decisões devem ser tomadas com antecedência, e normalmente são baseadas em previsões, que visa alcançar um plano de produção para famílias de produtos, utilizando os recursos de produção de maneira eficaz (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

De acordo com Slack *et al.*, (2009), as atividades de planejamento e controle harmonizam os sistemas, procedimentos e decisões que acoplam diferentes aspectos da oferta e da demanda. Dessa forma, unir o suprimento e a demanda, é que fará com que os processos produtivos sejam eficazes e eficientes e que produzam produtos e serviço justamente como o cliente deseja.

Para Slack *et al.*, (2009), planejamento se define como uma declaração formal na qual se tenha a intenção que aconteça em um determinado tempo futuro. Porém, na prática as coisas nem sempre se saem como o esperado, os consumidores mudam de ideia sobre o que querem e para quando querem, os fornecedores nem sempre são pontuais, máquinas podem quebrar e funcionários podem faltar. Assim, o controle lida com essas variações, fazendo intervenções no planejamento com a finalidade de trazê-la de volta aos trilhos.

Controlar a produção significa garantir que o processo produtivo funcione de forma certa e na data certa. Dessa maneira, é necessário usar um sistema de informação que relate sobre: material acumulado nos centros, estado atual de cada ordem de produção, quantidades de produtos produzidos, e o estado de utilização dos equipamentos (MOREIRA, 2011). Assim, o PCP gerencia informações de várias áreas do sistema produtivo para atingir seus objetivos (TUBINO, 2009).

Em cada momento é necessário ter noção da situação presente, visão do futuro, os objetivos na qual se deseja alcançar e entender e a influência desses elementos nas decisões tomadas no presente. Com o decorrer do tempo, a visão do futuro deve ser estendida, de forma que o horizonte de tempo do planejamento seja sempre constante (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

De acordo com Tubino (2009), as atividades do PCP são realizadas em três níveis hierárquicos:

- a) Nível estratégico: São definidas as estratégias ao longo prazo da empresa. O PCP faz o planejamento estratégico da produção, gerando um plano de produção.
- b) Nível tático: São estabelecidos os planos de médio prazo da produção. O PCP desenvolve o plano-mestre da produção (PMP).
- c) Nível operacional: São desenvolvidos os programas a curto prazo de produção e é feito um acompanhamento deles. O PCP prepara a programação da produção, gerencia os estoques, administrando as ordens de compras, fabricação, montagem, fazendo o acompanhamento e controle da produção, emitindo uma avaliação de desempenho.

Para Slack *et al.* (2009), o planejamento e controle em longo prazo a ênfase é maior no planejamento do que no controle, pois não existe até o momento muito o que ser controlado. No médio prazo é mais detalhado e replanejar é possível, se necessário. Já no curto prazo, muitos dos recursos já foram definidos e é difícil fazer mudanças em grandes dimensões nos recursos.

2.2.2 Planejamento Mestre de Produção

O Planejamento-mestre de produção tem a função de dividir os planos produtivos estratégicos de longo prazo em planos específicos de produtos acabados para o médio prazo, visando direcionar as etapas de execução e programação das atividades de operação da empresa: montagem, fabricação e compras (TUBINO, 2009).

Tubino (2009) ressalta que como resultado do planejamento-mestre se tem o plano-mestre de produção, que torna formal a tomada de decisões relacionadas à necessidade de produtos finais para cada período verificado. É chamado de plano mestre de produção (PMP), o documento no qual contém as informações referentes aos itens que deverão ser produzidos e a quantidade em um determinado período. Normalmente este período cobre poucas semanas, podendo chegar a 6 meses ou até mesmo um ano (MOREIRA, 2011).

Para Corrêa e Corrêa (2012), o PMP, organiza a demanda do mercado com os recursos internos da empresa com finalidade de programar taxas adequadas de

produção e produtos finais, especialmente aqueles de demanda independente, ou seja, a demanda futura tem que ser prevista.

O PMP é utilizado, também, para avaliar as necessidades imediatas da capacidade produtiva, definir as compras necessárias e criar prioridades entre os produtos na programação (MOREIRA, 2011).

Com base no plano-mestre de produção e nos registros de controle de estoques, a programação da produção se encarrega de definir quanto e quando comprar, fabricar e montar de cada item utilizado para fazer os produtos acabados.

De acordo com Moreira (2011), o objetivo da programação da produção são os seguintes:

- a) garantir que os produtos tenham a qualidade especificada;
- b) fazer a maquinas e pessoas operarem nos níveis desejados de produtividade;
- c) reduzir os estoques e os custos operacionais;
- d) melhorar o nível de atendimento aos clientes.

Dessa forma, como resultado da programação da produção, são emitidas ordens para comprar os itens, ordens para fabricar e ordens para montar de montagem para submontagens intermediarias e montagem final dos produtos acabados dos produtos determinados no plano-mestre de produção (TUBINO, 2009).

O PMP quando bem gerenciado, colabora com a melhora do processo do cumprimento de datas e quantidades de produtos para os clientes, melhora a gestão do estoque dos produtos finais, melhora o uso e a gestão da capacidade produtiva e auxilia a tomada de decisão (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

2.2.3 Planejamentos das Necessidades de Materiais (MRP)

O MRP (*Material Requirements Planning*) e o MRP II (*Manufacturing Resources Planning*), seu sucessor, são sistemas de grande porte, que desde da década de 1970, tem sido utilizado na maioria das empresas no âmbito mundial (CORRÊA; GIANESI, 1996 apud FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

De acordo com Fernandes e Godinho (2010), o MRP se baseia na decisão de produção dos produtos acabados para determinar o quanto e quando produzir e comprar os variados itens semiacabados, componentes e matérias primas. O MRP II é uma evolução do MRP, levando em conta as decisões de capacidade. Para Martins e Laugeni (2005), O MRP II é uma evolução do MRP com a inclusão do planejamento dos demais recursos da manufatura, como: mão de obra, equipamentos, instalações e outros.

Segundo Moreira (2011, p. 523), o MRP “é uma técnica para converter a previsão de demanda de um item de demanda independente em uma programação das necessidades das partes componentes do item”. O autor ressalta que o MRP pode ser visto como uma técnica de programar a fabricação dos itens de demanda dependente, pois determina o quanto deve ter de cada item e a data de disponibilidade deles. Para Moreira (2011), a partir da data e da quantidade em que um produto acabado é necessário, é possível obter as datas e as quantidades em que suas partes componentes são necessárias. Essa desagregação em partes componentes é denominada explosão.

Demanda independente é a demanda que depende do mercado, não se pode calcular, e dessa forma deve ser prevista para conseguir gerenciar. A demanda dependente pode ser calculada a partir de algo (como um programa mestre) tendo um controle por meio de um planejador (CORRÊA; CORRÊA, 2012). Segundo Moreira (2001), a demanda independente depende apenas das forças do mercado, enquanto a demanda dependente depende da demanda de outro item.

O MRP geralmente precisa de alguns registros de dados que o programa analisa e atualiza. As entradas normalmente são os pedidos dos clientes e a previsão da demanda. O MRP faz os cálculos se baseando aos pedidos contratados e futuros estimados. As demais atividades calculadas são compostas ou dependentes dessas demandas (SLACK *et al.*, 2009).

De acordo com Moreira (2011), os resultados fornecidos pela operação do MRP são: controle do estoque dos componentes, programação da produção a curto prazo para os componentes e planejamento das necessidades de capacidade de forma mais detalhada. E os insumos necessários são: Plano Mestre de Produção, Lista de Materiais e Relatórios de Controle de Estoque.

Moreira (2011), comenta que o Plano Mestre de Produção define quais produtos deverão ser feitos, em qual data e quantidade. A lista de materiais

descreve todos os componentes de cada produto, sendo base para a explosão. E os relatórios de Controle de Estoques que controlam as quantidades de cada componente da lista de materiais no estoque, de forma que, estabelecido a quantidade de produtos, se saiba a quantidade de componentes necessários, sendo possível programar a compra, fabricação e montagem dos componentes.

A Figura 2 exibe, de modo geral, os insumos e os resultados relacionados à operação do sistema MRP.

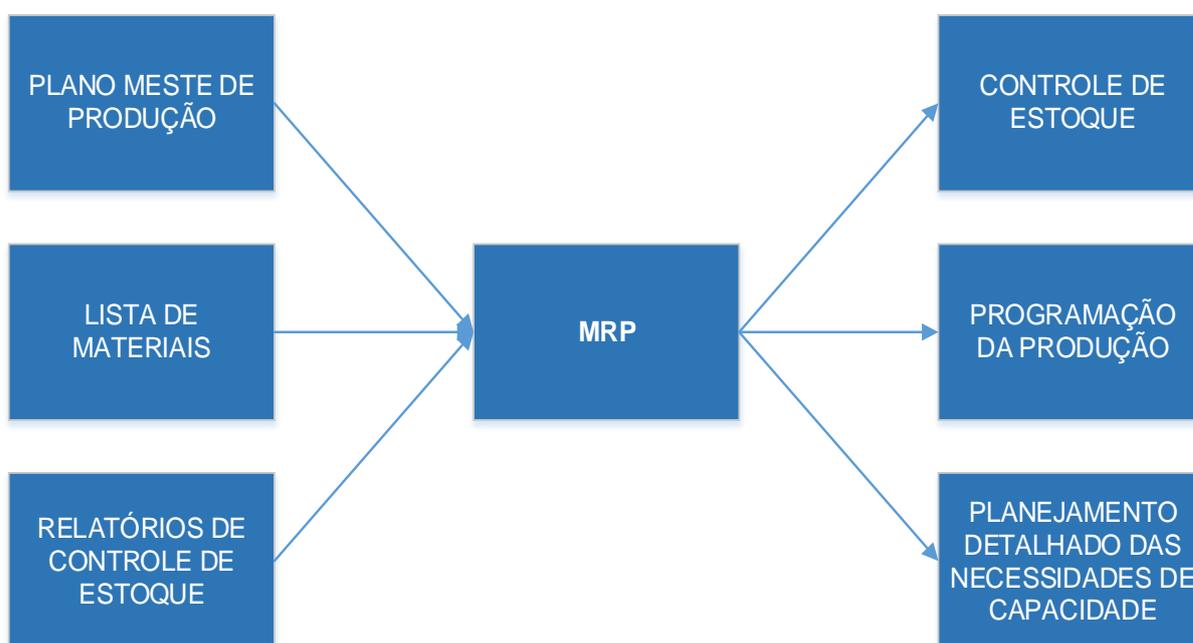


Figura 2- Operação do MRP: Insumos e Resultados Fundamentais
Fonte: Moreira (2011).

De acordo com Martins e Laugeni (2005), sistema MRP possui inúmeras vantagens, entre elas:

- a) Instrumento de planejamento: Auxilia no planejamento de compras, de contratações ou demissões de funcionário, necessidades de capital de giro, necessidades de equipamentos e outros insumos produtivos;
- b) Simulação: Os diferentes cenários da demanda podem ser simulados para analisar seus efeitos, auxiliando na tomada de decisão;
- c) Custos: Como o MRP auxilia no conhecimento detalhado de todos os componentes dos produtos, e o MRP II, em todos os demais insumos utilizados na fabricação, tornando-se simples o cálculo do custo detalhado de cada produto;

- d) Reduz a influência dos sistemas informais: Com a implantação do MRP, os sistemas informais ficam inexistentes, ou seja, deixam de existir as informações que são guardadas apenas na cabeça de uma determinada pessoa.

2.3 MANUFATURA ENXUTA

A manufatura enxuta também denominada como Sistema Toyota de Produção foi desenvolvida no Japão pela Toyota Motor Company, na década de 1960, visando eliminar o excesso de produção e, conseqüentemente, o desperdício (SCHAPPO, 2006).

A Toyota Motor Company buscava um sistema de gerenciamento que pudesse organizar a produção com a demanda por diferentes modelos e cores com a menor tempo de atraso possível (CORRÊA; CORRÊA, 2012). Ela sincronizou todos os seus processos produtivos visando aumentar a qualidade, produzir em tempos menores e otimizar a produtividade (SLACK *et al.*, 2009).

Manufatura enxuta é definida como uma abordagem na qual é possível melhorar a organização e gerenciamento das interações da empresa com os consumidores, fornecedores, criação de produtos e operações de produção tentando-se fazer mais com menos (menos tempo, menos equipamentos etc. (WOMACK; JONAS, 1998 apud FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

Operação enxuta significa dirigir para a eliminação de todos os desperdícios de modo a ter uma operação mais rápida, mais confiável, que produz produtos e serviços de alta qualidade, e operando com baixo custo (SLACK *et al.*, 2009).

De acordo com Ohno (1997), os dois pilares da manufatura enxuta são o *Jidoka* (automação com um toque humano) e o *Just in Time* (JIT).

O *Jidoka* consiste em oferecer ao operador ou máquina a autonomia para parar o processo quando ocorrer alguma anormalidade (GHINATO, 2000). A autonomia previne produtos com defeitos, elimina superprodução, se atenta no entendimento do problema para garantir que ele não se repita (SOUSA, 2008).

O JIT é visto como uma filosofia ampla de trabalho, na qual um dos seus objetivos é eliminar os desperdícios, produzindo a peça ou produto certos, no lugar certo e no momento certo (MOREIRA, 2011).

Segundo Moreira (2011), desperdício é o resultado de qualquer atividade com adição de custo sem adição de valor. Para Corrêa e Corrêa (2012), “eliminar desperdícios significa analisar todas as atividades realizadas na fábrica e descontinuar as que não agregam valor à produção”.

Corrêa e Corrêa (2012), comentam que metas utilizadas pelo JIT são produzir com zero defeito, tempo zero de setup (preparação), estoque zero, movimentação zero, quebra zero, lead time zero e lote unitário. O JIT gera estoques menores, custos menores e melhor qualidade em seus produtos, quando comparado com as abordagens tradicionais. (MARTINS; LAUGENI, 2005).

No *Just in Time*, tenta-se obter a perfeição em qualidade já na primeira vez. Os empregados são treinados para identificar e corrigir problema e pesquisar sobre cada problema, para que não ocorra novamente. O envolvimento das pessoas é essencial para o sucesso dessa filosofia (MOREIRA, 2011). Quando o JIT é bem aplicado, faz a empresa obter maiores lucros, maiores retornos sobre os investimentos, redução dos custos, redução de estoque e melhoria na qualidade (MARTINS; LAUGENI, 2009).

O JIT usa o sistema puxado, ou seja, o material somente é processado se ele for requerido pela operação subsequente do processo, quando há necessidade, é enviado um sinal (ordem de produção), à operação fornecedora para iniciar a produção e abastecer. (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

De acordo com Corrêa e Corrêa (2012), Puxar a produção a partir da demanda em cada etapa, produzindo somente os itens necessários, nas quantidades e no momento certo, ficou conhecido no Ocidente como sistema *Kanban*, que são cartões usados para autorizar a produção dos itens no processo produtivo.

Os cartões *Kanban* dividem-se em dois grupos: os cartões *Kanban* de produção, que autorizam a fabricação ou montagem de determinado lote de itens, e os cartões *Kanban* de requisição ou movimentação, que autorizam a movimentação de lotes entre o cliente e o fornecedor de determinado item (LEITE, 2004).

Os *Kanban* são muito eficientes, eles simplificam o trabalho administrativo e dão autonomia ao chão de fábrica, assim se tem uma maior flexibilidade para

mudanças (SHINGO, 1996). Para um bom funcionamento do *Kanban*, os processos produtivos devem ser administrados de forma a fluírem o máximo possível, é importante nivelar a produção e trabalhar de acordo com os métodos padrões de trabalho (SHINGO, 1997). Para tubino (2009), na produção puxada a autorização da produção vem do cliente interno que puxa o lote *Kanban*, conforme está ilustrado na Figura 3.

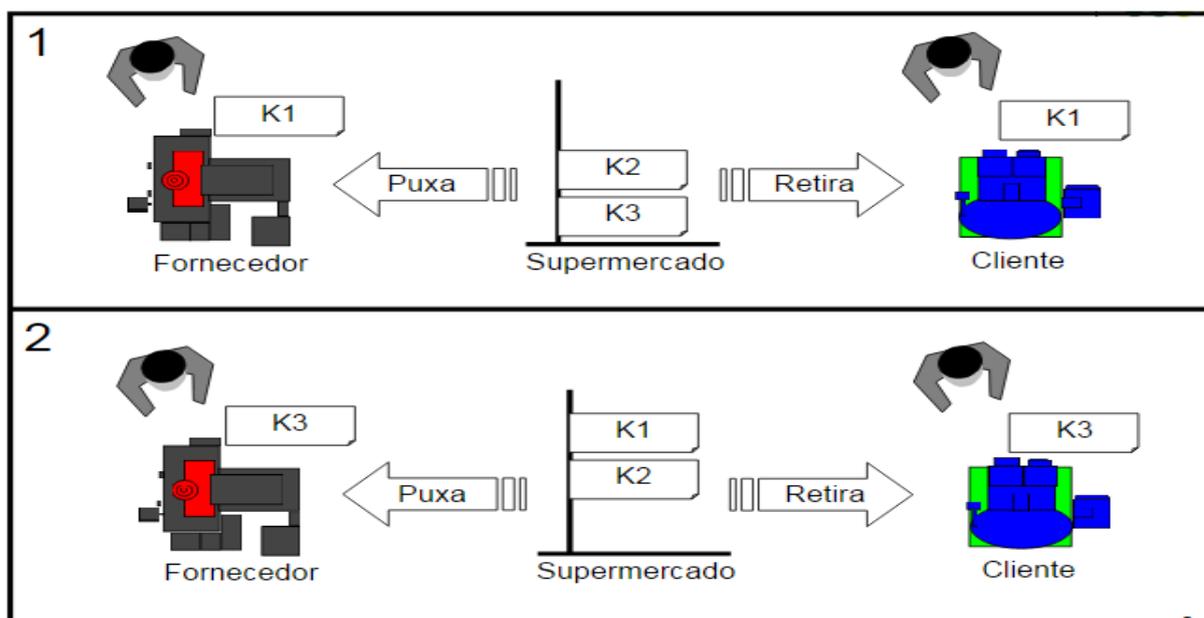


Figura 3- Dinâmica da programação puxada
 Fonte: Tubino (2009).

As operações tradicionais de manufatura são sistemas empurrados, baseados na concepção de que é melhor antecipar as necessidades futuras e se preparar para elas (MOREIRA, 2011). Dessa forma, produzem antecipadamente de forma a ter os produtos quando a demanda ocorrer (MOREIRA, 2011). A produção recebe seu conjunto de ordens, que uma vez concluída é “empurrada” para a etapa seguinte, até ficar pronta. (TUBINO, 2009). Os produtos empurrados são estocados antes de se ter demanda, que frequentemente resulta em superprodução e aumento nos custos em relação a manter os produtos estocados (MOREIRA, 2011). A programação empurrada está exemplificada na Figura 4.

A produção enxuta tem se mostrado muito melhor do que a produção em massa, tanto na qualidade como na produtividade. É mais eficiente, pois se utiliza menor quantidade de recursos (estoques, tempo, espaço físico e outros), consegue aproveitar melhor as capacidades intelectuais humanas e atende de uma melhor

forma as mudanças e desejo individual de cada cliente. Dessa forma, se tem uma maior variedade de produtos, combinando o melhor da produção artesanal com o melhor da produção em massa. (WOMACK *et al.*, 1992).

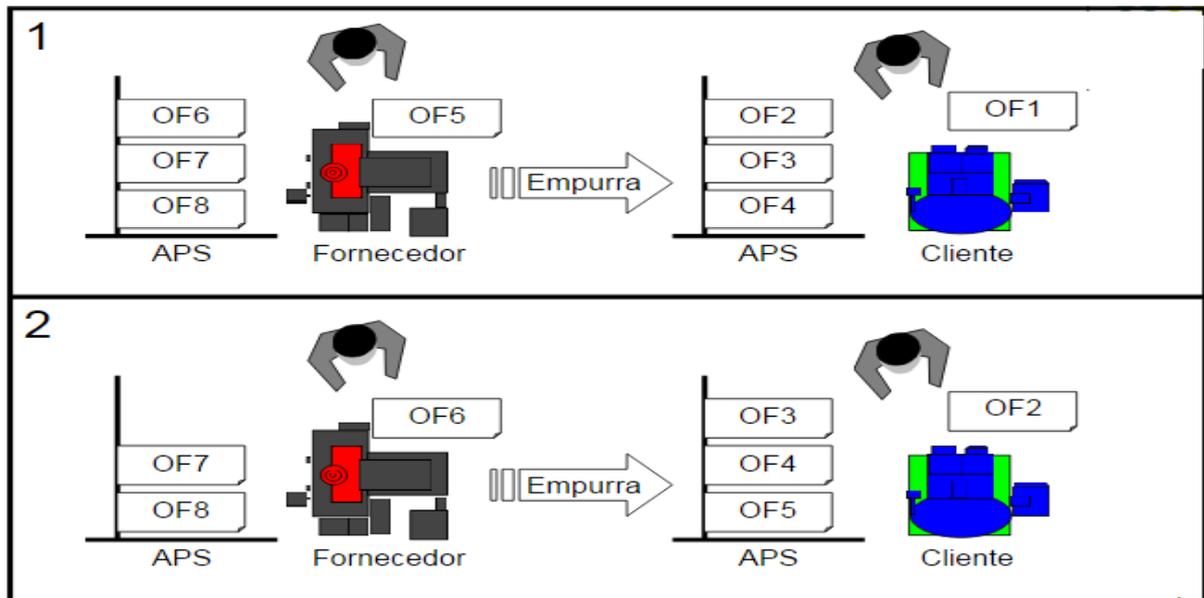


Figura 4- Dinâmica da programação empurrada
 Fonte: Tubino (2009).

2.3.2 Desperdícios

Corrêa e Corrêa (2012), utilizam a classificação de desperdício proposta por Shigeo Shingo. Dessa forma, Shingo identificou sete categorias de desperdícios, na qual são comentados a seguir.

- Superprodução:** É o hábito de produzir antes de se ter demanda, para o caso desses produtos serem requisitados no futuro, ou seja, a produção é maior do que a necessária no momento.
- Espera:** Este desperdício se refere ao material que está em espera para ser processado, gerando filas que vão gerar taxas altas de utilização dos equipamentos.
- Transporte:** é a movimentação de material na empresa, isso não agrega valor ao produto e muitas vezes é necessário, devido às restrições no

processo e instalações, que faz com que o material tenha que percorrer grandes distancias ao longo do processamento.

- d) Processamento: É a utilização de componentes e processos de produção do produto que não são necessários. É importante a utilização de metodologias de engenharia e análise de valor, que simplifiquem e reduza os componentes ou operações utilizadas na fabricação de um determinado produto. Um elemento que gere custo e não agrega valor ao produto já é um motivo para fazer uma análise.
- e) Movimento: A economia de movimentos das pessoas e produtos aumentam a produtividade e reduz os tempos relacionados ao processo produtivo. Isso faz com que a qualidade do produto aumenta. As técnicas de tempos e métodos é importante, pois o JIT aposta em solução simples e de baixo custo.
- f) Produtos defeituosos: Os problemas de qualidade são os que geram maiores desperdícios do processo. Produzir produtos com defeitos significa desperdiçar materiais, mão de obra, uso de equipamentos, movimentação de materiais desnecessárias, armazenagem sem necessidade entre outros. Os defeitos não devem ser gerados. É muito utilizado nas indústrias “dispositivos à prova de falhas”, chamados de “*Poka Yoke*” pelos japoneses.
- e) Estoques: Os estoques ocultam outros desperdícios, e também, significam desperdícios de investimento e espaço. Deve-se eliminar as causas que geram a necessidade de se ter o produto no estoque. Isso pode ser feito, reduzindo o lead times, sincronizar o trabalho, tornar as máquinas mais confiáveis e outros.

2.4 ESTOQUE

Estoque é o armazenamento acumulado de recursos materiais em um sistema de transformação. Em alguns casos, o termo estoque é utilizado para designar qualquer recurso que transforma capital. Toda as operações mantêm algum tipo de estoque físico de materiais (SLACK *et al.*, 2009).

Os estoques, muitas vezes, são considerados um “mal necessário”, sendo algo inevitável e até poderia ser útil. A palavra necessário, quando referida ao estoque, passou a significar “em nome da segurança”, essa visão faz com que muitos gerentes acumulem uma determinada quantidade de produtos em estoque como uma maneira de garantir segurança (SHINGO, 1996).

Slack *et al.* (2009), afirmam que independente do que é armazenado no estoque, ou o local de posicionamento, o estoque existirá, pois existe uma diferença de ritmo entre demanda e fornecimento. Caso o fornecimento ocorra no mesmo momento em que há demanda pelo item, esse item nunca precisaria ser estocado.

Para Corrêa e Corrêa (2012), os acúmulos dos recursos materiais têm uma propriedade fundamental que pode ser usado para tanto para o “bem” como para o mal. Esses acúmulos geram independência nas fases dos processos de transformação. Quanto maior o estoque entre duas fases, mais independente elas são, ou seja, a suspensão de uma fase não necessariamente gera suspensão na outra.

O estoque tem o papel de garantir a independência das etapas produtivas, criar uma produção constante, possibilitar a utilização de lotes econômicos, reduzir o *lead time* da produção, garantir uma segurança e ter uma vantagem de preço. Dessa forma, os estoques são criados para absorver problemas do sistema de produção, como: a sazonalidade, atraso de entrega de matérias-primas, produção de itens com defeitos podem ser resolvidos. Quanto menor o nível de estoque, mais eficiente e enxuto o sistema será, pois ele não agrega valor aos produtos (TUBINO, 2009).

Slack *et al.*, (2009), dizem que embora o estoque seja importante no desempenho de muitas organizações, há aspectos negativos referentes a ele, como o congelamento de dinheiro, custos de armazenamento, o estoque pode-se tornar obsoleto em virtude do aparecimento de novos produtos, o estoque pode danificar-se, pode ser perdido em meio a tantos itens guardados, podem exigir instalações especiais (produtos perigosos), consome espaço e envolve custos administrativos e de funcionários.

Os estoques geram perdas, pois são fenômenos não-lucrativos que devem ser estudados com cautela e eliminados. A eliminação total do estoque não deve ser feita radicalmente, pois pode começar a causar atrasos na entrega ou queda na operação das máquinas. Dessa forma, as condições que produzem ou que geram

necessidade de estoque é que precisam ser reparadas, e conseqüentemente, o estoque se reduzirá racionalmente (SHINGO, 1996).

2.5 DEMANDAS

O planejamento e controle é um processo que engloba demanda e suprimento, dessa forma as decisões tomadas para planejar e controlar uma operação produtiva dependerão da demanda e do suprimento (SLACK *et al*, 2009).

A função da gestão da demanda foca-se na previsão da demanda, comunicação com o mercado, influência sobre a demanda, promessa de prazos de entrega, e também prioridade de cliente (caso não seja possível atender todos) (CORRÊA; CORRÊA, 2009). O planejamento da produção inicia-se com a gestão de demanda no médio prazo, com o objetivo principal de identificar a demanda utilizando as previsões (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

O mecanismo mais aplicado para gerenciar a demanda é mudar essa demanda pelo preço, essa aplicação é mais comum para serviços do que para produtos. Muitas empresas oferecem descontos e/ou investe em propagandas visando estimular a demanda no período fora de pico (SLACK *et al.*, 2009).

A previsão da demanda é a principal informação utilizada pelo PCP na execução de suas atividades, e afeta diretamente a atuação esperada de suas funções de planejamento e controle do sistema produtivo (TUBINO, 2009). Para alguns itens é necessário fazer a previsão para que se possa ter uma visão do consumo futuro do produto acabado (SLACK *et al.*, 2009).

Quando o consumo não está sob controle da organização, como o desempenho das ofertas concorrentes, condições do mercado, promoções dos concorrentes entre outros, neste caso, a demanda deve ser prevista e é denominada de demanda independente. A demanda dependente é quando o consumo futuro pode ser calculado com base em fatores e cálculos matemáticos, portanto ela está sob controle da operação. Dessa forma, o nível de incerteza esperado é muito menor do que a da demanda independente. Os gestores devem sempre tentar “transformar” a demanda de um item de independente para dependente, isso significa reduzir as incertezas no processo de gestão (CORRÊA; CORRÊA, 2009).

2.6 BALANCEAMENTO DE LINHA

A linha de montagem é definida como um agrupamento limitado de elementos de trabalho ou tarefas, na qual cada uma delas tem seu tempo de processamento e suas precedências que determinam a ordem que as tarefas deverão ser executadas (GHOSH; GAGNON, 1989 apud FERNANDES, 2010).

Na linha de montagem, o produto é dividido em uma certa quantidade de tarefas que devem ser distribuídas por postos de trabalho (MOREIRA, 2011). O posto de trabalho é o espaço ocupado por uma ou mais pessoas, e mais de uma tarefa pode ser alocada ao posto, mesmo tendo uma única pessoa nele (MOREIRA, 2011).

O balanceamento da linha procura definir conjuntos de atividades que serão feitos por homens e máquinas fazendo com que o tempo de processamento seja aproximadamente igual (tempo de ciclo) entre os postos de trabalho (ROCHA, 2011).

A configuração das estações de trabalho deve ser de modo que os tempos ociosos sejam reduzidos ao longo da linha de produção, e minimizados os efeitos negativos de engarrafamentos (SLACK *et al.*, 2012).

O balanceamento de linha tem o objetivo de fazer com que um processo produza a mesma quantidade produzida pelo processo anterior. Dessa forma, a empresa é organizada de modo que os trabalhadores, os equipamentos e outros aspectos, facilitem o processo produtivo (SHINGO, 1996).

A sequência nas linhas de montagem tem a finalidade de deixar no mesmo ritmo os diferentes tipos centros de trabalho responsáveis por fazer a montagem das partes componentes do produto acabado. Esse ritmo está relacionado à demanda que provém do PMP (TUBINO, 2009). O mesmo autor ressalta que um bom nível de balanceamento deixa o fluxo do trabalho mais suave e contínuo, pois todos os trabalhadores operam no mesmo ritmo, gerando um maior grau de aproveitamento da mão de obra e dos equipamentos.

De acordo com Martins e Laugeni (2005), a cronometragem é um dos métodos mais empregados na indústria para medir os tempos das atividades. Existem duas formas de determinar o número de tempos a serem cronometrados, uma delas é por via prática ou bom senso, na qual o analista vai fazendo medidas

dos ciclos, conforme eles acontecem, e para quando sente confiança nos resultados obtidos. A outra forma é por via estatística, que permita determinar matematicamente o número de ciclos a cronometrar (MOREIRA, 2011).

Para Barnes (2004), o estudo de tempos é um processo de amostragem, dessa forma, quanto maior o número de ciclos cronometrados, mais representativos serão os resultados obtidos.

O analista precisa saber qual a quantidade N de medidas que tenha um grau de confiança C (quando medido em porcentagem vai de zero a 100%, quando medido em fração, vai de zero a 1) de que a média N medidas não seja diferente acima de a% (precisão) da média real (MOREIRA, 2011).

Para obter o número de medidas, Moreira (2011) recomenda tomar N medidas iniciais, isto é, uma amostra de medidas, determinando sua média x e o desvio padrão s. A Equação 1 apresenta a formula para se calcular a quantidade de ideais para serem coletadas.

$$N = \left(\frac{100 z s}{a x} \right)^2 \quad (1)$$

Onde:

z = Número de desvios padrão da normal padronizada, correspondente ao grau de confiança C desejado;

s = Desvio padrão da amostra de medidas;

a = Precisão final desejada, em porcentagem;

x = Média da amostra de medidas.

Nos estudos de tempos, normalmente é utilizado o nível de confiança de 95% e um erro relativo de 5% (GERHARDT, 2005). “ Isso significa que, com 95% de probabilidade, a média dos valores observados para o elemento não deferirá de \pm 5% do valor verdadeiro para a duração do elemento” (BARNES, 2004, p. 285).

Segundo Martins e Laugeni (2006), não é possível esperar que uma pessoa trabalhe sem interrupções o dia inteiro. Assim, devem ser consideradas as necessidades pessoais e os efeitos de fadiga no trabalho.

Para Moreira (2011), o Fator de Tolerância FT é atribuído para levar em conta as condições particulares em que a operação é realizada. Alguns valores frequentes para a Tolerância T estão apresentados no Quadro 2.

O fator de tolerância é sempre maior que 100%, para prever os efeitos das condições da operação sobre a ação do operador. Para determinar a tolerância utilizando o Quadro 1, é necessário determinar todas as condições que se aplicam à operação em estudo, somando o percentual correspondente aos 100% iniciais (MOREIRA, 2011). O fator de tolerância pode ser calculado utilizando a Equação 2.

I. Tolerâncias constantes	Porcentagem
1. Tempo pessoal	5
2. Fadiga básica	4
II. Tolerâncias variáveis	
1. Posição anormal de trabalho	
a. Curvado	2
b. Deitado, esticado	7
2. Uso de força muscular (erguer, empurrar, puxar)	
Peso erguido em libras	
5	0
10	1
15	2
20	3
25	4
30	5
35	7
40	9
45	11
50	13
60	17
70	22
3. Iluminação	
a. Abaixo do recomendado	2
b. Bastante inadequada	5
4. Nível de ruído	
a. Intermitente e alto	2
b. Intermitente e muito alto	5
5. Monotonia	
a. Pequena	0
b. Média	1
c. Alta	4

Figura 5- Valores típicos para a Tolerância T

Fonte: Niebel (1976) apud Moreira (2011).

$$FT = 100 + T \quad (2)$$

Enquanto o analista registra os dados, ele também verifica a velocidade normal da operação estudada. O observador deve ter um número suficiente de amostra para avaliação do ritmo. Segundo Gomes et al. (2008), acrescentando o fator de ritmo V do operador ao tempo cronometrado TR temos o tempo normal TN , como mostra a Equação 3.

$$TN = TR \times V \quad (3)$$

Para Martins e Laugeni (2006), a velocidade V do operador é determinada por parte do cronometrista, que a denomina velocidade normal de operação, à qual é dada um valor de 100 (ou 100%). A velocidade avaliada deve ser registrada na folha de observação.

O tempo padrão é o tempo gasto pelo operador trabalhando em ritmo normal (GOMES et al., 2008). O autor ainda comenta que o tempo padrão TP é determinado utilizando o tempo normal TN e acrescentando o fator de necessidades pessoais e da fadiga do operador (FT). O tempo padrão pode ser obtido utilizando a Equação 4.

$$TP = TN \times FT \quad (4)$$

O tempo de ciclo é o tempo decorrido desde a saída de uma peça até a saída da peça seguinte (ROTHER E SHOOK, 1999 apud STEFANELLI, 2010). Para Fernandes e Godinho Filho (2010), “Uma linha está idealmente balanceada quando o tempo de ciclo for igual a todos os tempos que o produto gasta em cada uma das estações”.

A linha de montagem pode ser composta por uma variedade de centros de trabalho CT , podendo ser máquinas que fazem as conformações específicas ou submontagens. Dessa forma, o balanceamento de linha deve sincronizar os ritmos (TC) dos inúmeros centros de trabalho e também dimensionar os supermercados abastecedores da linha (TUBINO, 2009).

Tubino (2009), ressalta que os autores da Manufatura Enxuta preferem dividir o tempo de ciclo em dois, na qual a diferença entre ambos está na demanda

da formula. Dessa forma, existe o TC do mercado, denominado *Takt Time* (TK), na qual a demanda é o cliente externo, e outro TC refere-se aos centros de trabalho ou processos produtivos, denominado tempo de ciclo do processo. O *takt time* é o ritmo que a fábrica deve seguir para conseguir atender a demanda dos clientes (STEFANELLI, 2010). O tempo de ciclo está representado na Equação 5.

$$TC = \frac{\text{Tempo disponível para a produção}}{\text{Demanda}} \quad (5)$$

Segundo Fernandes e Godinho Filho (2010), o conteúdo de trabalho é o tempo que se gastaria para produzir uma unidade se houvesse apenas um posto de trabalho. E o número mínimo de postos de trabalho para o atendimento da demanda diária é dado pela Fórmula Equação 6:

$$N = \frac{\text{Conteúdo de trabalho}}{\text{Tempo de ciclo}} \quad (6)$$

A coleta dos tempos consiste em um processo de amostragem, dessa forma, quanto maior a amostra, mais precisos serão os resultados. Quanto maior a variabilidade dos tempos, maior será o número de observações para que se consiga obter a precisão desejada (GERHARDT, 2005).

A eficiência da linha é definida como o quociente entre o tempo de trabalho efetivo e o tempo total disponível (tempo de ciclo), na fabricação de uma unidade. Em suma, o objetivo do balanceamento é obter a eficiência máxima na linha, dessa forma, pode-se buscar minimizar o desbalanceamento (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

De acordo com Davis et al. (2001), o balanceamento de linha pode ser feito em seis etapas, são elas:

- a) especificar uma relação de sequência entre as tarefas utilizando um diagrama de precedência;
- b) determinar o tempo de ciclo;
- c) determinar o número mínimo de postos de trabalho;
- d) alocar as tarefas de acordo com a seleção de uma regra básica e uma regra secundária para desempatar;

e) distribuir as tarefas, uma por vez, na primeira estação, de forma que a soma dos tempos seja o mesmo do tempo de ciclo;

f) calcular a eficiência da linha.

Segundo Moreira (2008), existem dois métodos heurísticos muito utilizados para fazer alocação das atividades,

a) Método de Helgelson e Birnie: Pode ser chamada como “técnica do peso da posição” e consiste em dar peso a cada tarefa, que é o seu tempo de execução somado aos tempos de execução de as tarefas que vem depois. As tarefas são alocadas aos postos na ordem decrescente de seus pesos.

b) Método de Kilbridge e Webster: Para cada tarefa é determinado o número de tarefas que a precedem. As tarefas são alocadas na ordem crescente do número de predecessores. Caso exista tarefas com o mesmo número de predecessores, deve-se alocar primeiro aquela que tiver maior duração.

Shoroeder (2000 apud Moreira, 2008), aponta alguns complicadores que podem surgir, na qual necessita de soluções mais elaboradas:

a) Variabilidade nos tempos de operação: No caso de fadiga de operadores, absenteísmo e outros;

b) Produtos múltiplos: Em uma mesma linha pode ser feito vários modelos. O balanceamento pode não ser ótimo para qualquer um dos produtos feitos na linha;

c) Restrições de zona: São restrições que obrigam que certas operações sejam alocadas juntas ou devam ser separadas das demais.

Além disso, outros fatores sociais, como a utilização de tempos de ciclo menores podem causar efeitos negativos na moral e motivação dos trabalhadores, desgastando o desempenho da linha.

3 MATERIAS E MÉTODOS

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

As pesquisas são classificadas com base na sua natureza, abordagem do problema, objetivo e pelos procedimentos técnicos (SILVA; MENEZES, 2000). Dessa forma, a presente pesquisa se classifica como aplicada, exploratória, qualitativa e quantitativa.

Em relação a natureza, esta pesquisa é classificada como pesquisa aplicada, pois visa gerar conhecimentos para aplicação prática buscando a solução de problemas.

Do ponto de vista da abordagem do problema, esta pesquisa tem características quantitativas e qualitativas. Para Silva e Menezes (2000), existe um vínculo inseparável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não se consegue traduzir para números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas na pesquisa qualitativa.

Para Gerhardt e Silveira (2009), a pesquisa quantitativa foca-se na objetividade, e considera que a realidade só pode ser entendida com base na análise de dados brutos. Essa pesquisa utiliza a linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, relações entre variáveis e outros. A utilização em conjunto da pesquisa quantitativa com a qualitativa permite colher mais informações do que conduzir a pesquisa isoladamente (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

De acordo com os objetivos, a pesquisa se classifica como exploratórias, pois se enquadra nas características mencionadas por Gil (2002), que aborda que a finalidade das pesquisas exploratórias é se familiar mais com o problema, de maneira a torna-lo mais explícitos ou a compor hipóteses. Essas pesquisas envolvem:

- a) Levantamento bibliográfico;
- b) Entrevistas com pessoas que tiveram práticas com a problemática pesquisada;
- c) Análise de exemplos para melhorar a compreensão.

De acordo com os procedimentos técnicos a pesquisa se classifica como pesquisa bibliográfica.

Pesquisa bibliográfica é elaborada a partir de material já publicado, constituído de livros, artigos de periódicos e com material disponibilizado na internet (GIL, 2002).

3.2 INSTRUMENTOS PARA COLETAS DE DADOS

No primeiro instante, é importante identificar a totalidade das tarefas realizadas na linha de produção. Essa informação pode ser obtida por meio de entrevistas com o coordenador e operadores da atividade analisada. As tarefas devem ser listadas e numeradas, de acordo com a sua ordem de execução na linha de montagem. Depois disso, torna-se possível verificar se as tarefas estão padronizadas (GERHARDT, 2005).

A entrevista é uma técnica de interação social, uma forma de dialogo assimétrico, na qual uma das partes busca obter dados, e a outra se apresenta como uma fonte de informações (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Neste trabalho foi usado a entrevista não-estruturada. Nesse tipo de entrevista, o entrevistador é solicitado a falar livremente sobre um determinado tema pesquisado (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Primeiramente, foi determinado o tema para a entrevista, nesse caso a operação que o entrevistado executa, e assim por meio de uma conversa é observado todas as tarefas que ele realiza em um dia de trabalho.

A realização da entrevista é importante para identificar os produtos que são fabricados na empresa, o objeto de estudo, as totalidades das atividades, precedência de cada tarefa, o posto de trabalho em que elas são executadas, a demanda e o tempo disponível para fabricar o modelo analisado.

É importante determinar as tarefas que são realizadas em um dia, para determinar o tempo que o operador leva para realizar essa tarefa, e se o operador está trabalhando proporcionalmente aos demais. Caso não esteja, deve-se corrigir.

A coleta de tempos foi realizada com o auxílio de um cronômetro e de uma folha de observação, na qual serão registrados os tempos e as demais observações

relacionadas as atividades. O observador deverá começar a cronometrar no momento em que o operador inicia sua tarefa até o momento em que o operador termina a tarefa. Os tempos discrepantes devem ser analisados, e se a ocorrência for devido a causas especiais esporádicas, devem ser descartadas da amostra (GERHARDT, 2005).

Neste trabalho foi utilizado uma amostra de 18 tempos para cada tarefa. A coleta dos tempos será em segundos, e para facilitar os cálculos, os tempos serão convertidos para minutos. Utilizou-se o Excel 2013 para realizar os cálculos.

O Quadro 2 exibe o modelo da folha de observação que foi utilizado para anotar os tempos coletados e observações relevantes para este estudo.

Tomada de tempos								Análise:				
Consultor:								Área:				
Data:								Supervisor:				
Atividades												
Tom	Tempo (seg)	Volume	Obs.	Tom	Tempo (seg)	Volume	Obs.	Tom	Tempo (seg)	Volume	Obs.	
1				1				1				
2				2				2				
3				3				3				
4				4				4				
5				5				5				
6				6				6				
7				7				7				
8				8				8				
9				9				9				
10				10				10				
11				11				11				
12				12				12				
13				13				13				
14				14				14				
15				15				15				
16				16				16				
17				17				17				
18				18				18				
Media												

Quadro 2- Folha para anotação dos tempos cronometrados

Fonte: Autoria própria.

No Quadro 2 está contido informações, como: o nome do consultor que está observando processo, a data de coleta dos dados, o nome da área que está sendo analisada, o nome do supervisor da área estudada, as atividades unitárias

desenvolvidas (quantidade de vezes que foi cronometrada a tarefa e os tempos coletados).

3.3 INSTRUMENTOS PARA ANÁLISE DOS DADOS

Para analisar os dados, elaborou-se o Quadro 4, com a sequência das atividades realizadas e suas precedências. Também realizou-se o fluxograma da Figura 8, para facilitar a visualização da ordem em que as tarefas devem ser completadas.

Neste estudo, optou-se por cronometrar 18 amostras de tempos de cada operação, analisou-se os tempos coletados e eliminou-se os tempos discrepantes. Na sequência, calculou-se a média aritmética. Assim, verificou-se a quantidade de peças necessárias para produzir uma cadeira que passa por cada atividade e ajustou-se os tempos

Para ajustar os tempos coletados para o tempo padrão, foi necessário determinar o fator de tolerância e o ritmo do operador. De acordo com a engenheira, a empresa já tem uma base de cálculo para o fator de tolerância, portanto foi recomendado a utilização de 15%. Já o ritmo do trabalhador, observou-se que a maioria dos operadores tinham velocidade normal.

Dessa forma, calculou-se o tempo de ciclo com as informações coletadas por meio da entrevista com a engenheira (demanda e tempo disponível) que está exibido na Equação 8, e calculou-se o tempo padrão de cada atividade que está exposto na Tabela 1.

Posteriormente, determinou-se a quantidade mínima de funcionários em cada atividade que foi o quociente entre o tempo padrão e o tempo de ciclo. A partir disso, foi possível verificar a eficiência de cada atividade.

Realizou-se a alocação das atividades nos postos de trabalho de modo que a soma dos tempos das tarefas alocadas ficassem próximas do tempo de ciclo. Utilizou-se o método de Kilbridge e Webster.

Na sequência sugeriu-se melhorias com base nos cálculos realizados e observações no local estudado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 A EMPRESA

A indústria em estudo está localizada na região Oeste do Paraná, atua no ramo moveleiro desde 1990. Iniciou suas atividades fabricando móveis sob medida, com oito funcionários, em uma área de 700 m².

Dois anos depois, a empresa começou a produção de móveis em série, mesas de centro e cadeiras, com vendas em todo território nacional. Devido a boa aceitação de seus produtos no mercado nacional, a empresa ampliou ainda mais seus horizontes com a realização de exportação.

Atualmente, a empresa tem cerca de 178 funcionários, destes 166 são auxiliares de produção, uma área construída de aproximadamente 18.000 m², sendo considerada uma empresa de médio porte. Sua atividade é no ramo moveleiro produzindo cadeiras, mesas e bases para mesas de jantar, balcões, aparadores, poltronas, rack's e mesas de centro. As cadeiras são os produtos mais vendidos da empresa e mais rápidos de serem produzidos, é vendido em torno de 8.000 unidade/mês. Atualmente, a empresa trabalha com 158 modelos de cadeiras.

A produção é puxada, ou seja, é produzido apenas o que já foi vendido. As vendas de seus produtos são realizadas por meio de 12 representantes junto com eles está o catálogo dos produtos no qual os lojistas realizam os pedidos.

O processo produtivo inicia-se pelo cliente que emite o seu pedido por meio dos representantes. Esse pedido vai para o setor financeiro que analisa a forma de pagamento, a credibilidade do cliente e outros critérios de avaliação, sendo responsável pela liberação ou não da venda. Caso o pedido não seja aprovado pelo setor financeiro, haverá uma segunda avaliação realizada pelo superintendente financeiro. O pedido será cancelado no caso de reprovação na segunda avaliação.

Caso o pedido seja aceito, a lista de produtos requeridos será enviada ao PCP da empresa para a análise da quantidade de produtos em estoque, se a quantidade for suficiente para atender a demanda, será feito o carregamento e expedição dos produtos (há estoque de todos os produtos prontos, exceto das cadeiras). Se a quantidade for insuficiente, será realizado a programação da

produção, a produção dos lotes programados e carregamento e expedição dos produtos.

Na sequência, a programação é repassada aos encarregados de produção que fica responsável por supervisionar todo o processo de produção, verificando o funcionamento dos equipamentos, distribuindo o serviço a ser executado e acompanhando o trabalho dos operadores.

No caso das cadeiras, o processo produtivo é rápido e existe somente estoque de cadeiras no “osso” e componentes prontos.

A maior parte do transporte é terceirizado, o frete é pago pela empresa, valor este que já está incluso no custo do produto. Para um melhor entendimento, a Figura 6 ilustra um fluxograma com as etapas que pedido do cliente percorre até sua expedição.

O sistema utiliza lotes mínimos de produção. Estes lotes mínimos são dimensionados levando em consideração, principalmente, o tempo de *setup* gasto entre lotes diferentes.

Entre todas as opções de produtos produzidos na empresa, o trabalho se desenvolveu em apenas um modelo de cadeira. O processo produtivo da maioria das cadeiras é similar, com poucas operações diferentes. O modelo da cadeira escolhido está representada na Figura 7.

O cliente pode optar pela produção deste modelo de cadeira em até três tipos de madeiras (açoita, marfim e canela). A única diferença no processo produtivo da cadeira feita de marfim com a cadeira feita de açoita ou canela, está na etapa de inspeção pós colocação de tela. A cadeira feita de açoita ou canela, depois da colocação de tela de palha, vai diretamente para a atividade de tingimento dos cantos, já a cadeira de marfim é enviada novamente para a inspeção e só depois da aprovação é enviada para a etapa do tingimento. Isso acontece, pois a madeira de marfim é muito clara e as mínimas imperfeições ficam evidentes com a pintura.

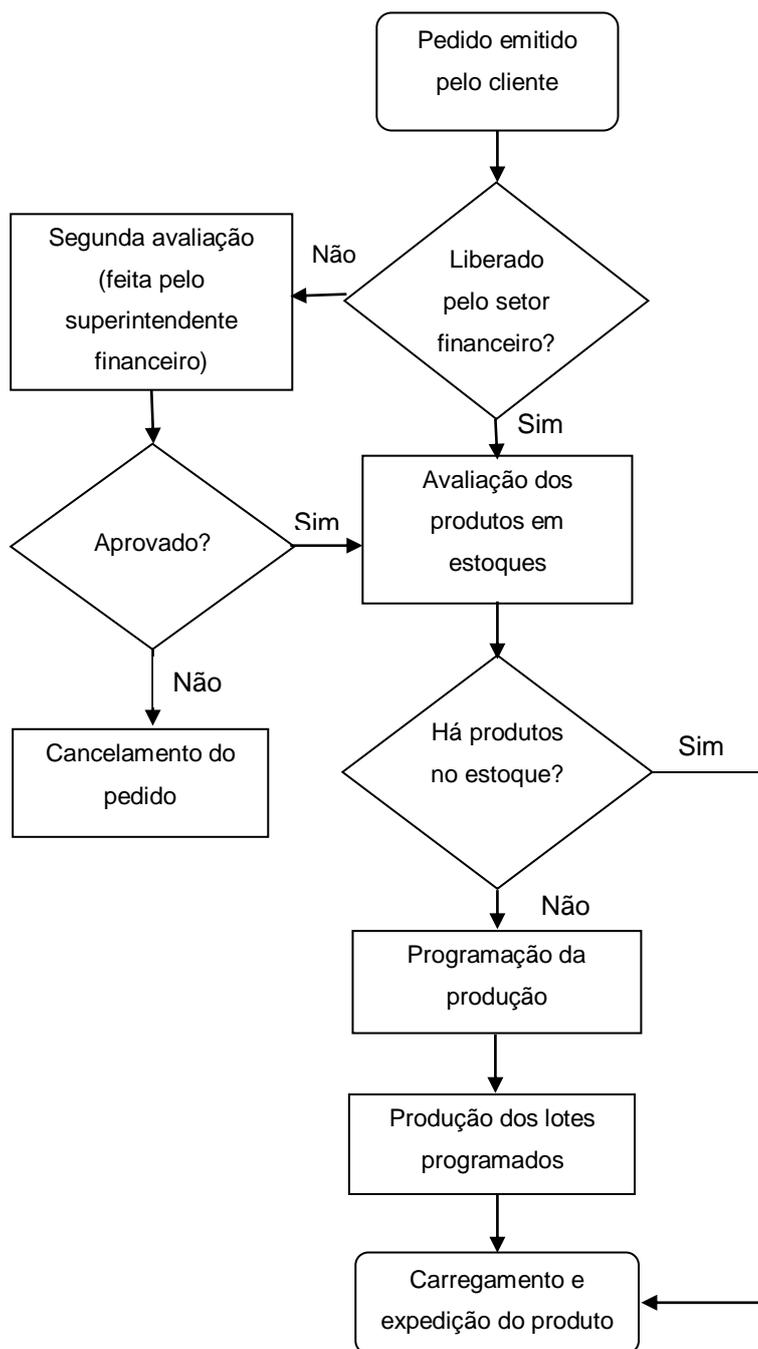


Figura 6-Fluxograma do processo produtivo das cadeiras.
Fonte: Empresa estudada (2015).



Figura 7- Modelo de cadeira estudada.
Fonte: A empresa (2015).

4.2 PROCESSO PRODUTIVO

A empresa trabalha com o sistema produtivo em lotes, pois os produtos são de volume médio e padronizados. Os lotes seguem as programações na sequência que precisam ser programadas, de acordo com as programações anteriores. Assim, o processo é flexível visando atender a demanda de diferentes pedidos dos clientes, as operações são bem artesanais com mão de obra de pessoas que consegue desempenhar várias atividades na empresa.

O arranjo físico é celular, onde cada célula é montada por operações com características de processamento similares visando produzir parte de um produto.

O processo de fabricação dos móveis da empresa inicia-se com a compra de madeira. As madeiras são compradas já cortadas em diversos tamanhos para facilitar na fabricação dos componentes da cadeiras, e ficam armazenadas por cerca de 6 anos para secar. É importante que a madeira esteja seca, pois se tem uma

melhor estabilidade dimensional, redução de peso, redução de apodrecimento, tem melhores condições de colagem entre outras vantagens.

Os componentes que formam a cadeira são: chapéu, travessa traseira, travessa lateral (esquerda e direita), travessa frontal, pé dianteiro e pé traseiro. Estes componentes passam por várias operações, nos setores analisados, estas operações estão descritas conforme o Quadro 3.

Operação	Descrição
Plaina	É uma máquina de corte utilizada para tirar irregularidades e rugosidades da madeira.
Desempenadeira	Este processo serve para deixar a madeira reta, eliminando as torturas.
Refiladora	Neste processo as peças são cortadas na largura desejada.
Prensa (painel)	Neste processo é passado cola nas laterais das madeiras, visando a formação de um painel, e são colocadas no Carrossel onde o impacto pneumático da parafusadeira pressiona as peças.
Destopadeira	Neste processo as peças são cortadas nos tamanhos desejados.
Serra fita	A serra fita é automatizada, e é usada para usinar o painel no molde da peça.
Serra circular manual	Utilizada para cortar a madeiras nos tamanhos desejados.
Banda larga	Máquina utilizada para lixar.
Respigadeira	Neste processo as peças ganham à forma de respiga nos dois cantos da peça.
Copiadora	As peças são colocadas na máquina automatizada que usina e deixa a peça no molde desejado, ou seja, é copiada.
Fresadora	É uma ferramenta rotativa para usinagem ao redor da peça.
Dueto	É uma máquina utilizada para usinar, fazer furos e respigas.
Master	Máquina utilizada para usinar a peça e fazer furos com o auxílio do molde.
Lixadeira orbital	As peças são lixadas ter um bom acabamento. A lixa orbital que facilita para a lixação nas partes curvas das peças.
Lixadeira pneu	Dar acabamento nos cantos da cadeira montada.
Lixadeira Flap	É um disco de lixa que serve para dar acabamento em peças.
Lixadeira de cinta (esteira)	É utilizada para suavizar grandes superfícies planas.
Pré-montagem do encosto	Nesta etapa é montado o encosto da cadeira utilizando os pés traseiros, o chapéu e a travessa traseira. Para a montagem é utilizado colante e uma marreta. Depois da montagem é prensada e usinada pela master.
Pré-montagem da parte dianteira	É montado a parte dianteira utilizando os pés dianteiros e a travessa frontal. Após isso, é prensada, lixada e usinada.
Prensagem	A estrutura do encosto pré-montado, da parte dianteira pré-montada e da cadeira final é pressionada por meio de uma prensa pneumática e pressionada para garantir boa anexação das peças.
Montagem final	Nesta etapa é feito a montagem da cadeira completa utilizando o encosto montado, as travessas laterais, a travessa frontal e os pés dianteiros.
Nivelamento	Com uma máquina é verificado o nivelamento dos pés da cadeira, caso tenha desnível é ligado a máquina e ajustado o tamanho ideal dos pés desnivelados.
Aplicação de massa nos cantos irregulares da cadeira	Visando um melhor acabamento é aplicado massa nos cantos da cadeira para tampar as imperfeições.

Operação	Descrição
Colocação de tela e borda de palha no encosto e no assento da cadeira	A tela de palha é fixada no encosto e no assento com o auxílio de uma pistola pneumática. A borda de palha é anexada com o auxílio de uma marreta e colante.
Controle de qualidade	A cadeira final, a cadeira no osso (antes e após a tela), as travessas laterais e a cadeira após pintura são inspecionadas por 4 funcionárias diferentes.
Tingidor	É aplicado um tingidor com o auxílio de um pincel nos cantos da cadeira, pois no processo de pintura da cadeira inteira, a pistola de tinta não tinge perfeitamente os cantos. A mesma funcionária faz furos no chapéu (furadeira) para pendurar a cadeira na nória.
Pintura	A pintura é feita manualmente com uma pistola e, posteriormente, com uma máquina automatizada.
Retirar o brilho da cadeira pós-pintura	Com uma bucha é retirado o brilho da cadeira pós pintura.
Limpeza da cadeira e inspeção	Com uma flanela é feito a limpeza da cadeira e inspeção.
Verniz	O verniz é aplicado para dar proteção e resistência à cadeira.
Dar entrada no sistema, fixar etiqueta e inspecionar	A cadeira é cadastrada por meio de um código de barras e um leitor, é inspecionada e é feito a colagem do código na cadeira.

Quadro 3- Operações da cadeira

Fonte: Autoria própria.

O Quadro 3 exibe as etapas do processo produtivo na ordem em que são executados cada componente e as atividades precedentes.

Para um melhor entendimento, a Figura 8 exibe um fluxograma do processo produtivo da cadeira estudada. Neste fluxograma, utilizou-se os mesmos números das atividades apresentadas no Quadro 4. Por meio do fluxograma é possível identificar as precedências dos processos.

O processo inicia-se em seis etapas (fabricação do chapéu, travessa traseira, pé dianteiro, pé traseiro, laterais e travessa frontal) essas etapas devem estar prontas para que o fluxo ocorra sem gargalos.

O chapéu é o componente mais complexos, com muito detalhes e que tem o maior tempo de fabricação.

Neste trabalho, não foi considerado as etapas de retrabalho que poderiam ocorrer no caso de reprovação no teste de inspeção.

	Item	Descrição	Preced.
Fabricação do chapéu	1	Plainar as madeiras	-
	2	Desempenar	1
	3	Prensar madeiras para a formação de painéis	2
	4	Cortar painéis (serra circular)	3
	5	Serrar painéis para dar o formato do chapéu (serra fita)	4
	6	Lixar (banda larga)	5
	7	Usinar com a copiadora para dar o formato do chapéu	6
	8	Respigar os dois cantos da peça	7
	9	Fresar laterais (aspecto arredondado)	8
	10	Lixar (lixadeira flame)	9
Fabricação da travessa traseira	11	Plainar as madeiras	-
	12	Refilar	11
	13	Destopar	12
	14	Lixar (banda larga)	13
	15	Prensar para a formação de painéis	14
	16	Plainar painéis	15
	17	Cortar painéis (serra circular)	16
	18	Serra fita	17
	19	Copiadora	18
	20	Dueto	19
	21	Master	20
	22	Fresar (arredondar cantos)	21
	23	Lixar (lixadeira de cinta)	22
	24	Lixar (lixadeira orbital)	23
Fabricação da lateral	25	Plainar as madeiras	-
	26	Desempenar	25
	27	Refilar	26
	28	Destopar	27
	29	Lixar (banda larga)	28
	30	Respigar os dois cantos da peça	29
	31	Inspecionar	30
	32	Usinar (master)	31
Fabricação da travessa frontal	33	Plainar as madeiras	-
	34	Desempenar	33
	35	Refilar	34
	36	Destopar	35
	37	Lixar (banda larga)	36
	38	Respigar	37
Fabricação do pé dianteiro	39	Plainar as madeiras	-
	40	Cortar madeiras (serra circular)	39
	41	Usinar e fazer furos (dueto)	40
	42	Lixar (banda larga)	41
Fabricação do pé traseiro	43	Plainar as madeiras	-
	44	Desempenar	43
	45	Prensar (painéis)	44
	46	Cortar madeiras (serra circular)	45
	47	Serrar painéis para dar o formato da peça	46
	48	Lixar (banda larga)	47

	Item	Descrição	Preced.
	49	Furar (dueto)	48
	50	Usinar e furar (master)	49
	51	Lixar (lixadeira flap)	50
Fabricação da pré montagem (encosto)	52	Montar o encosto utilizando as peças necessárias	10,24,51
	53	Prensar encosto	52
	54	Usinar encosto (master)	53
Fabricação da pré montagem (dianteira)	55	Montar a parte dianteira utilizando as peças necessárias	42,38
	56	Prensar	55
	57	Lixar parte dianteira (banda larga)	56
	58	Usinar parte dianteira (master)	57
	59	Fresar	58
Fabricação da cadeira final	60	Montar a cadeira final	54 59, 32
	61	Prensar cadeira final	60
	62	Nivelar	61
	63	Lixar cantos das cadeiras	62
	64	Passar massa nos cantos irregulares	63
	65	Lixar	64
	66	Fazer acabamento nas cadeiras	65
	67	Inspecionar	66
	68	Colocar tela de palha no encosto e no assento	67
	69	Colocar borda de palha no encosto e no assento	68
	70	Inspecionar cadeira com tela	69
	71	Passar tingidor nos cantos e furar chapéu	70
	72	Pintar cadeiras manualmente	71
	73	Pintar cadeiras com a máquina	72
	74	Tirar excesso de brilho da pintura	73
	75	Limpar e carimbar cadeiras	74
	76	Passar verniz	75
77	Dar entrada da cadeira no sistema, colar etiqueta e inspecionar	76	

Quadro 4- Precedências das operações

Fonte: Autoria própria.

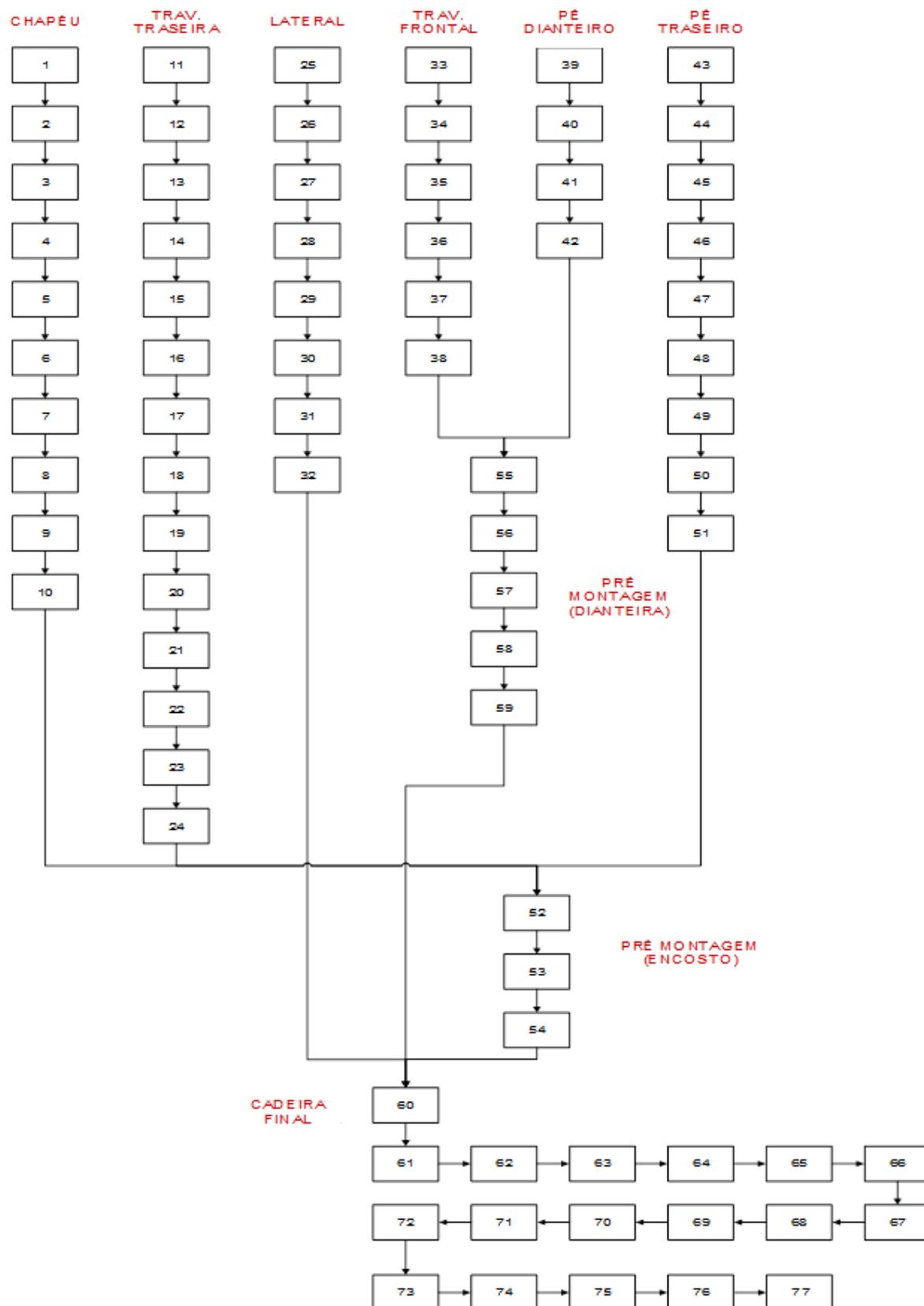


Figura 8- Fluxograma do processo produtivo
 Fonte: Autoria própria.

A tempo coletado foi em segundos, porém, para facilitar os cálculos optou-se por dar continuidade ao estudo utilizando-os em minutos. A cronometragem iniciou no momento em que o operador tocou no objeto para iniciar a sua atividade até o fim da sua atividade quando o operador retirou as mãos da peça.

O tempo cronometrado de cada atividade foi ajustado para o tempo padrão, ou seja, foi acrescentado o ritmo do operador e o fator de tolerância. Observou-se, no momento da coleta dos tempos, que a maioria dos operários tinham a velocidade de operação normal e a minoria apresentou a velocidade lenta ou rápida para a operação.

Utilizou-se a tolerância de 15%, que foi o recomendado pela engenheira da empresa que já tinha uma base de cálculo para este valor. Nele está incluído o tempo para regulagem de máquina, tempo de fadiga, necessidades fisiológicas, absenteísmo e falta de material.

Analisou-se a quantidade de peças necessárias para montar uma cadeira e ajustou-se o tempo utilizado em cada atividade. O Quadro 5 expõe o tempo padrão (em segundos e em minutos), a quantidade de peça necessária para montar uma cadeira e o tempo final utilizado em cada atividade.

É importante explicar que a banda larga é uma máquina projetada para fazer muitas peças ao mesmo tempo. O tempo que esta máquina faz uma peça ou 20, por exemplo, é o mesmo. Assim, nos itens 6, 14, 29, 37, 42, 48 e 57 foram colocados 2, pois cada peça passa duas vezes na máquina visando lixar dois lados.

A prensagem das madeiras para a formação dos painéis é uma atividade importante, porque minimiza as perdas na fabricação dos componentes realizada na serra fita. A quantidade de madeiras necessária para a formação de um painel e a quantidade de componentes fabricados com um painel estão exibidos no Quadro 5.

Tabela 1- Quantidade de madeiras e componentes por painel

Componente	Madeiras/painel	Componentes/painel
Chapéu	3	15
Travessa traseira	18	7
Pé traseiro	4	5

Fonte: Autoria própria.

Para realizar o balanceamento de linha foi levado em consideração a fabricação de uma única cadeira completa, e o cálculo foi feito considerando a

montagem de um painel completo com as madeiras necessárias para fazer somente um painel nas atividades anteriores, pois não há possibilidade de passar meia madeira nas máquinas e nem como fazer meio painel. Assim, se for necessário fazer uma única peça, será necessário fabricar um painel inteiro.

A Tabela 1 exibe o tempo padrão de cada atividade em segundos e em minutos, na sequência, foi identificado a quantidade de peças necessárias em cada atividade para a fabricação de uma cadeira completa, e o tempo foi ajustado.

Tabela 2- Tempo padrão para a fabricação de um cadeira

(continua)

Item	Descrição	Tempo (s)	Tempo (min)	Peças Cadeira	Tempo da peça/cadeira
1	Plainar as madeiras	22,17	0,37	3	1,10
2	Desempenar	36,14	0,60	3	1,81
3	Prensar (painéis)	104,88	1,75	1	1,75
4	Cortar serra circular	46,26	0,77	1	0,77
5	Serra fita	10,36	0,17	1	0,17
6	Lixar (banda larga)	20,95	0,35	2	0,70
7	Usinar (copiadora)	45,42	0,76	1	0,76
8	Respigar	20,51	0,34	1	0,34
9	Fresar (aspecto arredondado)	14,94	0,25	1	0,25
10	Lixar (lixadeira flame)	25,61	0,43	1	0,43
11	Plainar as madeiras	26,01	0,43	18	7,80
12	Refilar	8,68	0,14	18	2,59
13	Destopadeira	5,85	0,10	18	1,75
14	Lixar (banda larga)	19,73	0,33	2	0,66
15	Prensar (painéis)	173,22	2,89	1	2,89
16	Plainar painéis	24,34	0,41	1	0,41
17	Cortar (serra circular)	18,77	0,31	1	0,31
18	Serra fita	30,28	0,504	1	0,504
19	Copiadora	59,47	0,99	1	0,99
20	Dueto	25,12	0,42	1	0,42
21	Master	65,20	1,09	1	1,09
22	Fresar (arredondar cantos)	4,93	0,08	1	0,08
23	Lixar (lixadeira de cinta)	41,06	0,68	1	0,68
24	Lixar (lixadeira orbital)	264,6	4,41	1	4,41
25	Plainar as madeiras	24,67	0,41	2	0,82
26	Desempenar	23,82	0,40	2	0,79
27	Refilar	9,27	0,15	2	0,31
28	Destopar	17,19	0,29	2	0,57
29	Lixar (banda larga)	18,39	0,31	2	0,61
30	Respigar	17,01	0,28	2	0,57
31	Inspecionar	9,6	0,16	2	0,32
32	Usinar (master)	53,67	0,89	2	1,79
33	Plainar as madeiras	24,67	0,41	1	0,41
34	Desempenar	23,82	0,40	1	0,40
35	Refilar	9,26	0,15	1	0,15
36	Destopar	17,19	0,29	1	0,29
37	Lixar (banda larga)	18,39	0,31	2	0,62
38	Respigar	17,01	0,28	1	0,28
39	Plainar as madeiras	25,66	0,43	2	0,85
40	Cortar madeiras (serra circular)	23,71	0,40	2	0,8
41	Usinar e fazer furos (dueto)	25,70	0,43	2	0,86

Tabela 2- Tempo padrão para a fabricação de uma cadeira

(conclusão)

Item	Descrição	Tempo (s)	Tempo (min)	Peças cadeira	Tempo da peça/cadeira
42	Lixar (banda larga)	22,14	0,37	2	0,74
43	Plainar as madeiras	25,13	0,42	4	1,67
44	Desempenar	34,67	0,58	4	2,31
45	Prensar (painéis)	109,5	1,83	1	1,83
46	Cortar painéis	42,52	0,71	1	0,71
47	Serra fita	19,56	0,326	2	0,65
48	Lixar (banda larga)	32,53	0,54	2	1,08
49	Furar (dueto)	24,93	0,42	2	0,83
50	Usinar e furar (master)	90,26	1,5	2	3,01
51	Lixar (lixadeira flap)	44,19	0,74	2	1,47
52	Montar o encosto	106,3	1,77	1	1,77
53	Prensar encosto	70,03	1,17	1	1,17
54	Usinar encosto (master)	83,82	1,39	1	1,39
55	Montar a parte dianteira	56,9	0,95	1	0,95
56	Prensar	46,44	0,77	1	0,77
57	Lixar parte dianteira (banda larga)	41,76	0,7	2	1,39
58	Usinar parte dianteira (master)	89,51	1,49	1	1,49
59	Fresar	28,83	0,48	1	0,48
60	Montar a cadeira final	88,79	1,48	1	1,48
61	Prensar cadeira final	44,98	0,75	1	0,75
62	Nivelar	38,79	0,64	1	0,64
63	Lixadeira pneu	105,6	1,76	1	1,76
64	Passar massa nos cantos	101,5	1,69	1	1,69
65	Lixar	1071,23	17,85	1	17,85
66	Fazer acabamento nas cadeiras	423,82	7,06	1	7,06
67	Inspecionar	91,96	1,53	1	1,53
68	Colocar tela de palha	537,14	8,95	1	8,95
69	Colocar borda de palha	614,95	10,24	1	10,24
70	Inspecionar cadeira com tela	80,94	1,35	1	1,35
71	Passar tingidor nos cantos e furar	42,98	0,71	1	0,71
72	Pintar cadeiras manualmente	142,42	2,37	1	2,37
73	Pintar cadeiras com a máquina	15,42	0,26	1	0,26
74	Tirar excesso de brilho da pintura	174,26	2,9	1	2,9
75	Limpar e carimbar cadeiras	28,75	0,48	1	0,48
76	Passar verniz	64,9	1,08	1	1,08
77	Dar entrada no sistema, fixar etiqueta e inspecionar	44,06	0,73	1	0,73

Fonte: Autoria própria.

É importante deixar claro que o processo produtivo das cadeiras não é em linha. A empresa trabalha com a fabricação de vários produtos ao mesmo tempo, e tem estoque de componentes acabados (prontos para a montagem) e cadeiras no “osso” (cadeira antes da pintura).

Quando o cliente faz o pedido, as cadeiras que serão fabricadas para ele não inicia o processo produtivo com a fabricação dos componentes, a empresa já têm seus componentes prontos ou já está tem as cadeiras nos ossos que estão no estoque. O processo produtivo irá iniciar da pintura ou da montagem. Assim que o

nível de estoque estiver baixo será realizado a programação da produção para iniciar a fabricação que irá repor os componentes que foram utilizados.

Dessa forma, para processos produtivos com essa característica torna-se difícil mensurar a quantidade de produtos feitos em um dia de trabalho, pois em um dia de trabalho, não se monta uma cadeira do início ao fim.

Portanto, para a realização do balanceamento de linha, foi simulado um processo em linha contínua na qual a quantidade de cadeiras mensais demandadas fossem fabricadas em um único dia. Foi realizado os cálculos com base em um único dia de trabalho, pois a quantidade de cadeiras que sai da inspeção por dia é praticamente a mesma da demanda. Assim, utilizou-se a produção de 275 cadeiras em 528 minutos trabalhados ao dia. Essas informações foram disponibilizadas pela engenheira da empresa estudada. A Equação 8 exibe o cálculo realizado o tempo de ciclo.

$$TC = \frac{528 \text{ min x dia}}{275 \text{ peças x dia}} = 1,92 \text{ min /peça} \quad (8)$$

O tempo de ciclo encontrado foi de 1,92 minutos por peça, ou seja, para atender a demanda dos clientes dentro do tempo disponível, a empresa precisa produzir a média de uma cadeira a cada 1,92 minutos. A Figura 9 exibe o tempo de ciclo e os tempos das atividades atuais, já levando em conta a quantidade de funcionários em cada operação (a carga de trabalho de cada atividade foi dividida pela quantidade de funcionários atuais).

Notou-se que as operações de colocação de tela de palha, colocação de borda de palha nas cadeiras, plainar as maderas para travessas traseiras, refilar madeiras para a travessa traseira, prensar painéis para a travessa traseira, lixar o chapéu na orbital e usinar o pé traseiro são as atividades que geram gargalos no processo, e precisam diminuir o tempo da atividade para trabalhar no tempo de ciclo, para assim, não atrasar as atividades que estão na sequência.

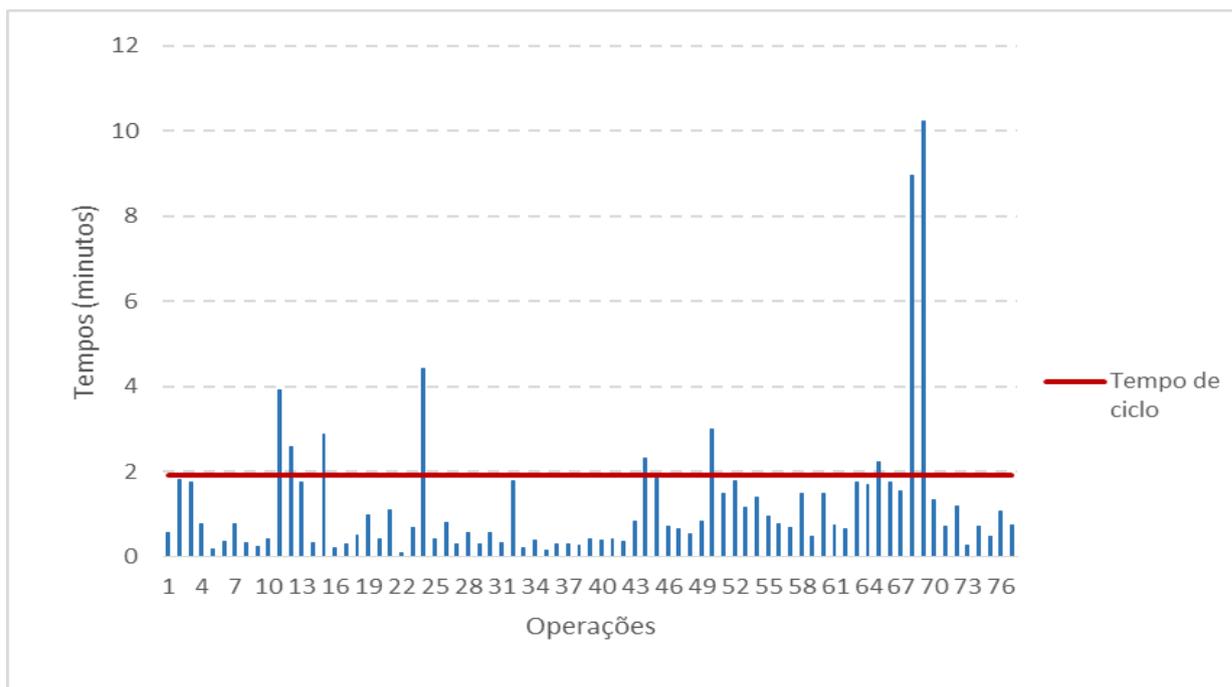


Figura 9- Tempos das operações atuais e tempo de ciclo.
Fonte: Autoria própria.

É importante mencionar que os painéis são montados sobre a “mesa” do carrossel. O carrossel tem 8 mesas e em cada mesa são feitos 12 painéis para o chapéu e travessa traseira e para os pés traseiros são feitos somente 6, pois os painéis são maiores. A operadora monta os painéis sobre essa mesa e roda o carrossel para retirar os painéis montados que já completaram uma volta completa, e montar as próximas peças. De acordo com o encarregado de produção, as peças ficam na máquina todo esse tempo para que o colante seja seco, esse tempo varia com a temperatura ambiente (os painéis secam mais rápidos quando a temperatura ambiente é quente). As observações foram realizadas em dias quentes e o tempo de espera da funcionária não foi considerado nos cálculos.

Pedi-se para a operadora anotar o horário em que ela colocasse os painéis na máquina e o horário em que esse mesmo painel fosse retirado. De acordo com as informações constatou-se que painel do chapéu leva 3h e 2 min para ser retirado, o painel usado para a travessa traseira leva 6h e o painel para o pé traseiro leva 2h 36 min.

Para os cálculos deste balanceamento de linha realizado, não levou em consideração o tempo de movimentação para buscar e levar os materiais até o posto de trabalho e o tempo da nória que demora 1h e 30 min para levar as cadeiras do verniz até a inspeção também não foi considerado. De acordo com a estimativa da

engenheira, o tempo médio que deveria ser acrescentado para isso seria em torno de 40%. Porém, como não existe cálculos concretos e devido a limitação de tempo para a conclusão deste trabalho, isso foi desconsiderado no estudo.

Tabela 3- Balanceamento de linha da produção da cadeira

(continua)

Descrição	Tempo (min.)	Quantidade de funcionários	Funcionários atuais
Chapéu			
1-Plainar as madeiras	1,10	0,57	2
2-Desempenar	1,81	0,94	1
3-Prensar (painéis)	1,75	0,91	1
4-Cortar (serra circular)	0,77	0,40	1
5-Serra fita	0,17	0,08	1
6-Lixar (banda larga)	0,70	0,36	2
7-Copiadora	0,76	0,40	1
8-Respigar	0,34	0,18	1
9-Fresar	0,25	0,13	1
10-Lixar (lixadeira flap)	0,43	0,22	1
TOTAL	8,08	4,18	12
Travessa traseira			
11-Plainar as madeiras	7,80	4,06	2
12-Refilar	2,59	1,35	1
13-Destopadeira	1,75	0,91	1
14-Lixar (banda larga)	0,66	0,34	2
15-Prensar (painéis)	2,89	1,50	1
16-Plainar painéis	0,41	0,21	2
17-Cortar (serra circular)	0,31	0,16	1
18-Serra fita	0,504	0,26	1
19-Copiadora	0,99	0,51	1
20-Dueto	0,42	0,22	1
21-Master	1,09	0,57	1
22-Fresar (arredondar cantos)	0,08	0,04	1
23-Lixar (lixadeira de cinta)	0,68	0,35	1
24-Lixar (lixadeira orbital)	4,41	2,30	1
TOTAL	24,58	12,8	17
Laterais			
25-Plainar as madeiras	0,82	0,43	2
26-Desempenar	0,79	0,41	1
27-Refilar	0,31	0,16	1
28-Destopar	0,57	0,30	1
29-Lixar (banda larga)	0,61	0,32	2
30-Respigar	0,57	0,30	1
31-Inspeccionar	0,32	0,16	1
32-Usinar (master)	1,79	0,93	1
TOTAL	5,78	3,02	10
Travessa frontal			
33-Plainar as madeiras	0,41	0,21	2
34-Desempenar	0,40	0,21	1
35-Refilar	0,15	0,08	1
36-Destopar	0,29	0,15	1
37-Lixar (banda larga)	0,61	0,32	2
38-Respigar	0,285	0,15	1
TOTAL	2,14	1,12	8

Tabela 4- Balanceamento de linha da produção da cadeira

(continua)

Descrição	Tempo(min.)	Quantidade de funcionários	Funcionários atuais
Pé dianteiro			
39-Plainar	0,85	0,44	2
40-Cortar (serra circular)	0,8	0,41	1
41-Dueto	0,86	0,45	1
42-Lixar (banda larga)	0,74	0,38	2
TOTAL	3,24	1,68	6
Pé traseiro			
43-Plainar as madeiras	1,67	0,87	2
44-Desempenar	2,17	1,13	1
45-Prensar (painéis)	1,83	0,95	1
46-Cortar painéis (serra circular)	0,71	0,37	1
47-Serrar fita	0,326	0,17	1
48-Lixar (banda larga)	1,08	0,56	2
49-Furar (dueto)	0,83	0,43	1
50-Usinar e furar (master)	3,01	1,57	1
51-Lixar (lixadeira flap)	1,47	0,76	1
TOTAL	13,09	6,7	11
Pré montagem (encosto)			
52-Montar o encosto	1,77	0,92	1
53-Prensar encosto	1,17	0,61	1
54-Usinar encosto (master)	1,39	0,72	1
TOTAL	4,33	2,25	3
Pré montagem (dianteira)			
55-Montar a parte dianteira	0,95	0,49	1
56-Prensar	0,77	0,4	1
57-Lixar (banda larga)	1,39	0,72	2
58-Usinar (master)	1,49	0,77	1
59-Fresar	0,48	0,25	1
TOTAL	5,08	2,63	6
Cadeira final			
60-Montar a cadeira final	1,48	0,77	1
61-Prensar cadeira final	0,75	0,39	1
62-Nivelar	0,64	0,33	1
63-Lixadeira pneu	1,76	0,91	1
64-Passar massa nos cantos	1,69	0,88	1
65-Lixar	17,85	9,3	8
66-Fazer acabamento	7,06	3,68	4
67-Inspeccionar	1,53	0,79	1
68-Colocar tela de palha	8,95	4,66	1
69-Colocar borda de palha	10,24	5,33	1
70-Inspeccionar	1,35	0,7	-
71-Passar tingidor nos cantos e furar	0,71	0,36	1
72-Pintar cadeiras manualmente	2,37	1,23	2
73-Pintar cadeiras com a máquina	0,26	0,13	1
74-Tirar excesso de brilho	2,9	1,51	4
75-Limpar e inspeccionar cadeiras	0,48	0,25	1
76-Passar verniz	1,08	0,56	1
77-Cadastrar, fixar código e inspeccionar	0,73	0,38	1
TOTAL	61,83	32,16	30

Fonte: Autoria própria.

Ressalta-se que, na “cadeira final”, a atividade de prensar a cadeira e nivelar são realizadas pelo mesmo operário, e as inspeções antes e depois da tela também é a mesma funcionária que executa a atividade.

Resumidamente, a Tabela 4 exibe a quantidade de funcionários necessários para fabricar as cadeiras e a quantidade de funcionários atuais.

Tabela 5- Resumo da quantidade de funcionários

Etapas	Funcionários atuais	Funcionários necessários
Chapéu	12	5
Travessa traseira	17	13
Laterais	10	4
Travessa frontal	8	2
Pé dianteiro	6	2
Pé traseiro	11	7
Pré-montagem do encosto	3	3
Pré-montagem (dianteira)	6	3
Cadeira final	30	33

Fonte: Autoria própria.

Realizou-se a Tabela 5 com a alocação das atividades nos postos de trabalho de modo que a soma das atividades alocadas em cada posto de trabalho ficasse mais próxima do tempo de ciclo (1,92 minutos/cadeira), também foi calculado a eficiência de cada posto.

A alocação das atividades nos postos de trabalho foi realizada utilizando o método de Kilbridge e Webster, no qual foi determinado o número de tarefas precedentes em cada atividade e a alocação foi feita na ordem crescente. Foi feito a análise por etapa (chapéu, travessa traseira, laterais, travessa frontal, pé dianteiro, pé traseiro, pré-montagem do encosto, pré-montagem da parte dianteira e fabricação da cadeira final).

Tabela 6- Alocação das atividades nos postos de trabalho

(continua)

Postos	Atividade	Tempo total	Eficiência	Funcionários ideais
		Chapéu		
Posto 1	10,9,8 e 7	1,78	92,70%	1
Posto 2	6,5 e 4	1,64	86,41%	1
Posto 3	3	1,75	91,14%	1
Posto 4	2	1,81	94,27%	1
Posto 5	1	1,1	57,29%	1

Tabela 7- Alocação das atividades nos postos de trabalho

(conclusão)

Postos	Atividade	Tempo total	Eficiência	Funcionários ideais
Travessa traseira				
Posto 5	24	4,41	229,68%	3
Posto 6	23,22 e 21	1,85	96,35%	1
Posto 7	20,19 e 18	1,914	99,68%	1
Posto 8	17 e 16	0,72	37,50%	1
Posto 9	15	2,89	150,52%	2
Posto 10	14	0,66	34,37%	1
Posto 11	13	1,75	91,14%	1
Posto 12	12	2,59	134,89%	2
Posto 13	11	7,8	406,25%	5
Laterais				
Posto 14	32	1,79	93,22%	1
Posto 15	31,30 e 29	1,5	78,12%	1
Posto 16	28,27 e 26	1,67	86,97%	1
Posto 17	25	0,82	42,70%	1
Travessa frontal				
Posto 18	38,37,36,35 e 34	1,735	90,36%	1
Posto 19	33	0,41	21,65%	1
Pé dianteiro				
Posto 20	42 e 41	1,6	83,33%	1
Posto 21	40 e 39	1,65	89,93%	1
Pé traseiro				
Posto 22	51	1,47	76,56%	1
Posto 23	50	2,17	156,77%	2
Posto 24	49 e 48	1,91	99,47%	1
Posto 25	47 e 46	1,036	53,95%	1
Posto 26	45	1,83	95,31%	1
Posto 27	44	2,17	113,02%	2
Posto 28	43	1,67	86,97%	1
Pré-montagem (dianteira)				
Posto 29	54	1,39	72,39%	1
Posto 30	53	1,17	60,93%	1
Posto 31	52	1,77	92,18%	1
Pré-montagem (traseira)				
Posto 32	59	0,48	25%	1
Posto 33	58	1,49	77,60%	1
Posto 34	57	1,39	72,39%	1
Posto 35	56 e 55	1,72	89,58%	1
Cadeira final				
Posto 36	77,76 e 75	1,81	94,27%	1
Posto 37	74	2,09	108,85%	2
Posto 38	73	0,23	11,97%	1
Posto 39	72	2,37	123,43%	2
Posto 40	71	0,71	36,97%	1
Posto 41	70	1,35	70,31%	1
Posto 42	69	10,24	533,33%	6
Posto 43	68	8,95	466,14%	5
Posto 44	67	1,53	79,68%	1
Posto 45	66	7,06	367,70%	4
Posto 46	65	17,85	929,68%	10
Posto 47	64	1,69	88,02%	1
Posto 48	63	1,76	91,66%	1
Posto 49	62 e 61	1,39	72,39%	1
Posto 50	60	1,48	77,08%	1

Fonte: Autoria própria.

Não será possível trabalhar com a quantidade mínima de funcionários, pois nem sempre pode-se atribuir várias tarefas a um posto de trabalho, nem sempre as máquinas estão próximas e fica difícil mudar o layout, pois cada componente segue uma sequência diferente nas atividades e existe mais modelos de cadeiras que não foram analisados (precisaria de um estudo mais detalhado), além disso, algumas tarefas são limitadas pelos tempos máquinas, necessitando de mais máquinas. Também não será possível unir todas as atividades com tempo menor até dar o tempo de ciclo, pois existem atividades, como o caso da inspeção, que a engenheira recomenda deixar uma pessoa específica (ou mais, se recomendado) somente para executar essa atividade ou acrescentar tarefas posteriores. De acordo com a engenheira, as pessoas que estão executando a tarefa anterior à da inspeção, não consegue enxergar com tanta precisão os mínimos detalhes, pelo fato delas mesmo estarem fazendo a atividade repetitivamente e cansarem, assim acabam não enxergando as mínimas imperfeições.

4.3 ANÁLISE DAS ATIVIDADES

Realizou-se análises das atividades considerando a fabricação das 275 cadeiras em um dia de trabalho (8,8 h/dia). A análise foi realizada por meio dos tempos padrões e observações no local. A seguir apresenta-se as observações de algumas atividades estudadas e sugestões de melhorias.

4.3.1 Plaina

Com 3 madeiras é possível fazer um painel para o chapéu, com um painel é possível fazer 15 chapéus. Logo, são necessárias 55 madeiras para fazer os 275 chapéus.

Para fazer o painel da travessa traseira é necessário 18 madeiras e cada painel faz 7 travessas. Logo, são necessárias 708 madeiras para fazer 275

travessas traseiras. Além disso, os 40 painéis necessários passam pela plaina novamente.

O painel do pé traseiro requer 4 madeiras, cada painel faz 5 pés. Assim, são necessárias 440 madeiras para fazer 550 pés.

No restante, são necessárias 550 madeiras para laterais, 550 madeiras para pé dianteiro e 275 madeiras para travessas frontais.

Portanto, são necessários 20,55 minutos para fazer as 55 madeiras do chapéu, 323,42 minutos para fazer as 708 madeiras e 40 painéis da travessa traseira, 183,7 minuto para fazer as 440 madeiras para o pé traseiro, 233,75 minutos para fazer os 550 pés dianteiros, 112,75 para fazer as 275 travessas frontais e 225,5 minutos para fazer as 550 laterais. Assim, chega-se em um total de 1089,77 minutos/dia. Conclui-se que é necessário utilizar três plainas para fazer as peças do modelo da cadeira estudada em um dia ($1099,77/528=2,08$). A empresa tem duas plainas, porém são utilizadas para fazer peças de cadeiras diferentes. O ideal é utilizar as duas plainas para fazer peças da mesma cadeiras em um dia e comprar mais uma plaina para conseguir produzir todas as peças necessárias.

Notou-se também que não é necessário duas pessoas em cada máquina (uma colocando e outra retirando as peças). Uma pessoa colocando as peças é suficiente, assim, poderia ser colocado uma rampa ligando a saída da máquina ao chão para que as peças desçam até chão e não quebrem. Portanto, o funcionário poderia passar uma certa quantidade de madeiras pela máquina e depois guarda-lás sobre o palete.

4.3.2 Desempenadeira, refiladeira e destopadeira

Na desempenadeira é necessário passar 1320 madeiras/dia (55 madeiras para chapéus, 550 madeiras para laterais, 275 para travessas frontais e 440 para pés traseiros). Em média, é possível fazer em cada máquina em torno de 799 madeiras/dia. A empresa trabalha com 2 desempenadeiras em funcionamento (um funcionário em cada), porém cada máquina faz peças para modelos de cadeiras difeentes. Sugere-se que as máquinas funcionem em um dia com a fabricação de

peças do modelo estudado. Fazendo as peças necessárias os funcionários ficam ainda com um total de 91,85 minutos livres.

Para refilar são necessárias 1533 madeiras para fazer os componentes (708 para as travessas traseiras, 550 para as laterais e 275 para as travessas frontais). A refiladeira consegue fazer, pelos cálculos, até 3497 madeiras/dia. Assim apenas uma já é suficiente (a empresa só trabalha com uma atualmente). Nota-se que fazendo as peças requeridas ainda sobra 296,5 minutos/dia.

A destopadeira é necessário fazer, em média, 1533 madeiras/dia (mesma quantidade usada refiladeira). Pelos cálculos essa máquina pode fazer até 2374 madeiras/dia. Assim nota-se que fazendo as peças necessárias sobra ainda sobra 187 minutos/dia.

Recomenda-se que o funcionário da refiladeira seja eliminado e que essa atividade seja executada nos períodos ociosos dos operários da refiladeira e destopadeira. Notou-se que a atividade da refiladeira exige um tempo de 231,5 minutos de trabalhados por dia, o funcionário da destopadeira pode fazer 608 madeiras/dia e o funcionário da refiladeira pode fazer 925 madeiras/dia e com os 47,3 minutos ociosos, o funcionário pode ajudar em outras atividades.

4.3.3 Serra fita e serra circular

A serra fita é uma máquina automatizada que faz muitos painéis ao mesmo tempo (são 90 chapéus a cada 15,55 minutos, 21 travessas traseiras a cada 10,6 minutos, 30 pés traseiros a cada 9,78 minutos).

Existe um funcionário que é responsável por essa atividade, ele coloca os painéis na máquina, liga e espera as peças ficarem prontas e retira. De acordo com o funcionário ele faz, em média, 2.800 chapéus/dia, 1.400 pés traseiros/dia e 1000 travessa traseiras/dia. Pelos cálculos o máximo que ele conseguia fazer em um dia é: 3.055 chapéus, 1619 pés traseiro e 1046 travessas traseiras (produtividade de 91,6%, 95,6% e 86,47% para chapéu, travessa traseira e pé traseiro respectivamente). Porém, a maior parte do tempo o funcionário fica ocioso esperando as peças ficarem prontas.

Para fazer 275 chapéus, 275 travessas traseiras e 550 pés traseiros são necessários 364,6 minutos. Assim, é possível fabricar os componentes necessários para 275 cadeiras em um dia de trabalho (considerando 100% de produtividade).

A serra circular é uma máquina utilizada para fazer cortes simples, normalmente são cortes para acertar tamanho da madeira e dos painéis.

Notou-se que, em média, é necessário 19 painéis para fazer 275 chapéus, 40 painéis para fazer 275 travessas traseiras e 110 painéis para fazer 550 pés traseiros. Além disso, as 550 madeiras para o pé dianteiro também passam por esta máquina. Assim, é necessário passar pela serra circular cerca de 719 peças/dia e pelos cálculos é possível passar até 1223 peças/dia (58,78% de produtividade).

Recomenda-se que o operador da serra circular execute também a atividade da serra fita, já que sempre que os painéis vão para a serra fita é necessário passar antes na serra circular para arrumar os cantos e as máquinas já estão próximas uma a outra. Neste caso, já tem uma rampa metálica ligando a saída com o chão da serra fita. Assim, o operário ficará encarregado de colocar os painéis na máquina, ligar a máquina, fazer sua atividade na serra circular e guardar os painéis prontos sobre o pallet.

4.3.4 Banda larga

A banda larga é uma máquina operada por duas pessoas (uma que coloca as peças e outra que retira), é uma máquina rápida que faz muitas peças ao mesmo tempo. O total de vezes que as peças, em média, devem passar pela banda larga é de 6.366 vezes (cada peça passa duas vezes). Notou-se que normalmente o funcionário coloca 6 peças por vez na máquina e são retirados 6 por vez também. O tempo médio da atividade por vez é de 0,413 minutos, em um dia de trabalho é possível passar as peças 1.276 vezes na máquina, ou seja, 6 peças/vez pode-se fazer até 7656 peças/dia (83,1% de produtividade).

Notou-se que não são necessárias duas pessoas, apenas uma para colocar as peças, e colocar uma rampa para as peças descerem até o chão, assim, o mesmo operário retira a peça depois de todas prontas ou um conjunto de peças prontas.

4.3.5 Fresadora

O operário da fresadora pode fazer, em média, até 1955 peças/dia. Para fazer 275 chapéus (0,25 minutos/peça) requer 68,8 minutos, 275 travessas traseiras (0,08 minutos/peça) precisam de 22 minutos e para a pré-montagem (0,48 minutos/peça) requerem 132 minutos. Para fazer todas as peças chega-se em um total de 222,8 minutos trabalhados. Notou-se que o operário fica ocioso cerca de 305,2 minutos/dia. Assim, sugere-se que esse funcionário auxilie em outras atividades, como: guardar peças da plaina, retirar peças da banda larga e outras.

4.3.6 Lixadeira flap

Nesta atividade, é possível fazer até 718 pés traseiros e 1227 chapéus. É necessário fazer 530 pés traseiros/dia e 275 chapéus. Assim, para fazer os pés são utilizados 389,5 minutos e para fazer os chapéus utilizam-se 118,25 minutos (tempo total de 507,6 minutos/dia). Com a produtividade de 96,17% já é possível fazer as peças necessárias em um dia de trabalho.

4.3.7 Lixadeira orbital e lixadeira de cinta

Os cálculos recomendam 3 pessoas na lixadeira orbital. A funcionária informou que consegue lixar em torno de 105 peças/dia, assim ela está trabalhando com cerca de 87,5% de produtividade, pois de acordo com os cálculos o máximo que ela consegue lixar em um dia são 120 peças.

Notou-se que essa funcionária lixa somente componentes de cadeiras e a lixadeira de cinta é sempre uma atividade precedente a dela.

De acordo com os cálculos, o funcionário da lixadeira de cinta pode lixar no máximo 776 peças, em média.

Recomenda-se que seja contratado mais uma funcionária para a lixadeira orbital e que operário da lixadeira de cinta ajude elas com essa atividade. Por exemplo, o funcionário da lixadeira de cinta pode lixar 65 peças/dia faltantes e fazer as 275 peças requeridas na lixadeira de cinta. Assim, considerando a produtividade de 100%, o funcionário realiza sua atividade em 187,1 minutos, sobrando 340,8 minutos que poderá ser utilizado para lixar as peças faltantes da lixadeira orbital (é necessário 327 minutos na lixadeira orbital considerando produtividade de 87,5%).

4.3.8 Pré-montagem da parte dianteira

Na pré-montagem da parte dianteira, o mesmo operário pode fazer a montagem e a prensagem, pois os tempos das duas atividades somados ficam próximos do tempo de ciclo e são atividades precedentes. De acordo com os cálculos, o funcionário consegue montar até 560 partes dianteiras e prensar até 685. Sendo assim, é possível unir as duas atividades para a mesma pessoa, com o intuito de montar e prensar 275 cadeiras. Dessa forma, considerando os cálculos, 262 minutos seriam utilizados para a montagem e 212 minutos para a prensagem, e o funcionário ficaria com 90% de produtividade.

4.3.9 Lixação

A atividade da lixação das cadeiras no osso, pelos cálculos, é necessário mais duas pessoas. Segundo as funcionárias, cada uma lixa, em média, 26 cadeiras/dia (208 cadeiras/dia) e fazem os acabamentos em torno de 67 cadeiras/dia (total de 268 cadeiras/dia). De acordo com os cálculos, cada funcionária pode lixar até 29 cadeiras e acabar até 74 cadeiras (total de 89,6% e 90,5% de produtividade, respectivamente).

Nota-se que não é possível lixar 275 cadeiras em um dia de trabalho, pois é necessário 698 minutos de trabalho para lixar e 541,7 minutos para o acabamento.

Levando em consideração que é necessário lixar e acabar 275 cadeiras/dia, são necessárias 10 funcionárias na lixa e 4 no acabamento (produtividade de 100%).

De acordo com o encarregado, o modelo de cadeira escolhida para este estudo, tem muitos detalhes, é a cadeira mais complicada para lixar, o trabalho é repetitivo e leva mais tempo já que todas suas partes são expostas, assim as operárias não conseguem lixar muitas cadeiras, pois gera muita fadiga, cansaço e muito mais tempo de paradas para necessidades pessoais.

Visando aumentar a produtividade das funcionárias, recomenda-se que seja feito um revestimento das funcionárias da lixa, no período da manhã e no período da tarde, com as atividades de acabamento, colocação de borda, colocação de tela, pintura manual, verniz e retirada de brilho da pintura.

Supondo que as funcionárias não consigam lixar mais que 26 cadeiras/dia e nem acabar mais do que 67 cadeiras/dia seriam necessárias 10,56 funcionárias para lixar 4,1 para acabar. Assim, precisaria de um total de 3 funcionárias (duas para lixar e uma encarregada de lixar e acabar as cadeiras faltantes).

Supondo que a produtividade de 100%, necessitaria de 2 funcionárias a mais na lixa e o acabamento está ideal com 4.

4.3.10 Prensagem dos painéis

Na atividade de formar os painéis, de acordo com os cálculos é possível montar por dia 301 painéis para chapéu, 183 painéis para travessa traseira e 288 painéis para pé traseiro.

No entanto, não foi considerado o tempo de secagem, e de acordo com a funcionária responsável por esta atividade, ela consegue montar, em média, 180 painéis para chapéus, 140 painéis para travessas traseiras e 150 painéis para pés traseiros, em dias quentes. A quantidade de painéis necessárias para fazer as 275 cadeiras são: 19 painéis para chapéu, 40 para travessa traseira e 110 para pé traseiro. Assim, considerando as informações da funcionária, precisaria de 55,7 minutos (chapéu), 150,8 minutos (travessa traseira) e 387,2 minutos (pé), totalizando 593,7 minutos. Conclui-se que em um dia de trabalho não é possível fazer as peças requeridas.

Recomenda-se que seja realizado um estudo mais aprofundado nesta atividade, buscando encontrar um outro tipo de cola que tenha um tempo de secagem menor ou uma máquina que seja mais eficiente que presse e seque a cola.

4.3.11 Inspeção

A atividade de inspecionar as cadeiras antes da tela e depois da tela é realizada pela mesma funcionária, assim a funcionária está com o tempo de 2,88 minutos/peça. De acordo com os cálculos, a funcionária pode inspecionar cerca de 183 cadeiras completas por dia (cadeiras sem telas e com telas). Assim, não é possível fazer as 275 cadeiras em um dia, para isso, é necessário 772,34 minutos de trabalho (12,87 h).

Notou-se que a funcionária que passa tingidor nos cantos e fura está ociosa, pois é possível realizar essa atividade em 743 cadeiras/dia.

Sugere-se que as atividades de inspecionar antes da tela, inspecionar depois da tela e passar tingidor nos cantos sejam realizadas pelas duas funcionárias. Assim, será possível descarregar a funcionária da inspenção e ocupar a funcionária do tingidor, igualando a carga de trabalho das duas.

A atividade de inspecionar as laterais é realizada por uma terceira funcionária. É necessário inspecionar 275 laterais, para isso, ela utiliza, em média, 96,66 minutos/dia. A quantidade máxima de peças possíveis é de 1650, de acordo com o cálculos. Assim, os 431,1 minutos restantes podem ser utilizados para fazer a borda de palha ou a tela de palha, pois são atividades críticas que necessitam de mais funcionários (os postos de trabalho já são próximos).

4.3.12 Pintura

A atividade da pintura manual é realizada por dois funcionários, o máximo que cada um pode fazer por dia é de 222 cadeiras, pelos cálculos. De acordo com informações dos próprios funcionários, eles conseguem pintar cerca de 180

cadeiras/dia. Assim, podem trabalhar cerca de 81% de produtividade. Dessa forma, essa atividade pode fazer cerca de 360 cadeiras/dia.

Porém, observou-se que a atividade seguinte, a pintura automatizada, o funcionário fica ocioso. Nesta atividade, é possível colocar três cadeiras na máquina, sendo que a máquina realiza a atividade uma por vez e ela que “puxa” a cadeira para iniciar a atividade. O operário apenas abastece a máquina e retira depois de pronta para pendurar na nória.

É possível fazer, pelos cálculos, 2.030 cadeiras/dia, mas com a limitação da pintura manual é feito em apenas 360 cadeiras/dia, 17,07% de produtividade (supondo que cada funcionário da pintura manual não consiga fazer mais que 180 cadeiras/dia).

Recomenda-se que um funcionário da pintura manual, fique responsável por pintar 95 cadeiras/dia manualmente, com isso irá sobrar 249,3 minutos que poderá ser utilizada para a pintura automatizada das 275 cadeiras (abastecer a máquina, retirar e pendurar a cadeira na nória). Assim, as duas atividades serão realizadas por dois funcionários no total.

4.3.13 Retirada do excesso da pintura

A atividade de retirar o excesso da pintura das cadeiras é realizada por 4 funcionárias, porém, o cálculo indica que apenas duas funcionárias já são suficientes.

As 4 funcionárias informaram que “lixam” por dia, em média, 80 cadeiras por pessoa (320 cadeiras/dia), mas conseguem lixar mais cadeiras.

De acordo com os tempos cronometrados que está exibido na Tabela 1, está atividade leva um tempo de 2,90 minutos/cadeira, ou seja, 182 cadeiras/dia por pessoa, como são 4 funcionárias chega-se num total de 728 cadeiras/dia. Dessa forma, conclui-se que cada operária está trabalhando com a produtividade em torno de 43,95%, aproximadamente. Assim, a atividade pode ser ajustada com a realocação de duas funcionárias em outra atividade.

4.3.14 Telas de palha

De acordo com os tempos cronometrados, as funcionárias podem fazer 58 telas/dia e 51 bordas/dia. Porém, as funcionárias informaram que só conseguem fazer 50 telas/dia e bordas/dia (cadeira completa), pois a cadeira é complicada, é cansativa de lixar e a tela vai no encoto e no assento, diferentemente das demais cadeiras. Assim, elas estão trabalhando com 86,2% e 98% de eficiência para a tela e borda, respectivamente

Dessa forma, as operárias são limitadas com as atividades, não conseguindo produzir 275 cadeiras em um dia de trabalho.

Recomenda-se que as duas funcionárias da atividade da retirada de brilho da pintura seja realocada para a atividade da tela e da borda. Além disso, a funcionária que inspeciona as laterais também pode auxiliar nessa atividade em tempos ociosos, pois os postos são próximos.

Visando aumentar a produtividade das funcionárias, recomenda-se que seja feito a intercalação delas para que na metade do tempo trabalhado elas coloquem a borda e na outra metade a tela. Assim, minimiza o cansaço, estresse, fadiga e pode melhorar a produtividade.

4.3.15 Respigadeira

A respigadeira pode fazer, em média, até 1767 peças/dia. É necessário passar nessa máquina 1100 peças/dia. Assim, a atividade consegue fazer as peças requeridas em um único dia, consumindo um tempo de 328,6 minutos e sobrando um tempo de 199,3 minutos que o funcionario poderá utilizar para auxiliar em outras atividades.

4.3.16 Copiadora

A copiadora pode fazer até 603,4 peças/dia, em média. Nessa atividade é necessário passar 550 peças/dia. Assim, é possível fazer os componentes necessários em um único dia de trabalho (a atividade consome 481,2 minutos e sobra 46,7 minutos livres). Sugere-se que os tempos ociosos sejam utilizados para auxiliar em outras atividades.

4.3.17 Dueto e master

A dueto pode fazer em um dia de trabalho até 1251 peças, em média. A quantidade requerida diária é de 1375 peças. Assim, não é possível fazer todas as peças em um dia, para isso, é necessário de 580,3 minutos trabalhados (9,67h). O ideal seria trabalhar com 2 máquinas em funcionamento.

A master pode fazer 421 peças/dia, e é necessário passar 1925 peças/dia. Assim, a atividade não consegue atender a demanda em um único dia, para isso seria necessário 40,1h trabalhadas. Assim, para fazer todas as peças é necessário mais 4 máquinas, pois a empresa só tem 1.

Porém, a empresa sabe que essa atividade gera atrasos no processo produtivo, assim, a empresa trabalha com um segundo turno noturno somente com essa máquina em funcionamento. Mesmo com o segundo turno, a atividade não é capaz de produzir a quantidade suficiente e ainda precisaria de mais 3 máquinas em funcionamento.

4.4 RECOMENDAÇÕES

Ressalta-se que a empresa não tem interesse no momento em investir na contratação de funcionários e nem investir em máquinas, pois recentemente a

empresa demitiu muitos funcionários devido a diminuição nas vendas provocadas pela crise financeira.

A produção atual mensal são de 275 cadeiras, em média, que continuarão diluídas no mês, e por ter estoque dos componentes e cadeiras no osso (antes da pintura) a empresa consegue atender os pedidos programados em um prazo satisfatório.

Conclui-se que as melhorias sugeridas que são mais viáveis para aplicação na empresa são:

a) Plaina: a atividade poderá ser realizada por um operário em cada máquina;

b) Inspeção e tingimento: As duas funcionárias poderão exercer as duas atividades juntas;

c) Serra fita: O operário poderá ser realocado em outra atividade e o funcionário da serra circular exercer essa atividade em conjunto com a sua tarefa;

d) Banda larga: a atividade poderá ser realizada por um funcionário;

e) Pintura automatizada: O funcionário poderá ser realocado em outra atividade e o funcionário da pintura manual poderá exercer essa atividade junto com a sua atual;

f) Tirar brilho da pintura: Poderá ser realizada por apenas duas funcionárias e as outras duas poderão ser realocadas para a atividade da borda e tela de palha.

e) Sugere-se ainda a intercalação das funcionárias nas atividades mais cansativas (lixação da cadeira no osso, acabamento, tela da palha e borda de palha) a fim de melhorar a produtividade das funcionárias, e recomenda-se que os funcionários ociosos auxiliem nas atividades que necessitam de mais funcionários, principalmente para a atividade de lixação, colocação de borda e tela que são atividades que mais necessitam de funcionários.

4 CONCLUSÃO

Com este estudo foi possível chegar ao objetivo inicial da pesquisa, que foi readequar o PCP da empresa em uma empresa moveleira de médio porte, mais especificadamente em um único modelo de cadeira. Isso foi realizado utilizando as técnicas de balanceamento de linha e pelo conhecimento obtidos sobre o processo produtivo, com a finalidade de propor melhorias para reduzir os desperdícios e diminuir os custos da empresa. Como resultado, obteve-se reajustes na carga de trabalho, com a diminuição da ociosidade de alguns funcionários e a redução do tempo de atividades demoradas com a alocação de mais funcionários. Isso conseqüentemente, auxiliará a empresa a produzir a quantidade de cadeiras desejadas, no tempo disponível e com redução de custos.

O trabalho realizado proporcionou conciliar o aprendizado em sala de aula com o mercado de trabalho (teoria e prática). Notou-se também que nem sempre tudo ocorre como na teoria, que muitas vezes é necessário realizar ajustes. Assim, com trabalho foi possível obter um ganho pessoal e profissional.

Estudos objetivando melhorar os processos produtivos de uma indústria da indústria moveleira podem ir além dos assuntos aqui estudados. A seguir, foi indicado algumas sugestões de trabalhos futuros:

- a) Realizar a cronoanálise nos demais produtos da empresa, visando encontrar mais melhorias para processo produtivo;
- b) Estudar o tempo de movimentação dos materiais, para incluir no balanceamento de linha, e também para eliminar as movimentações desnecessárias e melhor o layout do ambiente;
- c) Estudar o colante que é utilizado na atividade de prensar os painéis, a fim de reduzir o seu tempo de secagem das madeiras. Outros colantes podem ser analisados para identificar um novo colante que seja eficiente e que tenha um menor tempo de secagem ou máquinas mais modernas que sejam mais eficientes para fazer a prensagem e secagem em menor tempo;
- d) Estudar a quantidade de retrabalho na atividade da lixação da cadeira no osso, pois observou-se que grande número de cadeiras são reprovadas na inspeção e isso pode influenciar no processo, gerando desperdícios

que poderiam ser evitados (mão de obra, energia, matéria prima, máquinas e outros) e aumentando os custos da empresa;

- e) Realizar um estudo detalhado no processo como um todo, visando identificar se cada atividade executada é realmente necessária ou se existe alguma etapa que possa ser excluída por não agregar valor ao produto;
- f) Recomenda-se que seja feito um estudo de custo com as informações deste trabalho, pra identificar o custo total da produção deste modelo da cadeira, e assim, analisar o ideal preço de venda. Sugere-se que este mesmo estudo seja feito para os demais produtos da empresa após a cronoanálise.

REFERÊNCIAS

BARNES, Ralph M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. 6 ed. São Paulo, Edgard Blucher, 2004.

BNDES. Banco nacional de desenvolvimento Econômico e Social. **Os Novos Desafios para a Indústria Moveleira no Brasil**. Rio de Janeiro, n. 15, p. 83-96, mar. 2002.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e de operações. Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2012. 446 p.

Davis; M. M. et al. **Fundamentos da Administração da Produção**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001, 598 p.

FERNANDES, F. C. F.; GODINHO FILHO, M. **Planejamento e controle da produção: Dos fundamentos ao essencial**. 1. Ed. São Paulo: Atlas, 2010. 275 p.

GALLUCCI, M. **Setor moveleiro deve crescer 3,5% em 2014**. Disponível em: <<http://www.emobile.com.br/site/setor-moveleiro/projecao-2014-setor-moveleiro/>>. Acesso em: 18 mai. 2015.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. 1. ed. Rio Grande do Sul. UFRS, 2009.

GERHARDT, M. P. **Sistemática para aplicação de procedimentos de balanceamento em linhas de montagem multi-modelos**. 2005. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 138 p.

GHINATO. P. Publicado como 2º. Cap. do livro **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**, Ed.: Adiel T. de Almeida; Fernando M. C. Souza, Edit. Da UFPE, Recife, 2000.

KROTH, D. C.; et al. **A indústria moveleira da Região Sul do Brasil e seus impactos na economia regional**: uma análise em Matriz de Insumo-Produto Multirregional. Anais... Florianópolis: Anpec-Sul, 2007. Disponível em: <<http://www.anpec.org.br/novosite/br/encontros> >. Acesso em: 16 mai. 2015.

LEITE, M. O.; et al. **Aplicação do sistema kanban no transporte de materiais na construção civil**. 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ABEPRO, 2004. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/publicacoes>>. Acesso em: 21 mar. 2015.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. Ed. São Paulo: Saraiva, 2005. 562 p.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2. Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 624 p.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Tradução de Cristina Schumacher. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PRADO, E. C.; et al. **PCP: Utilização do Ms Project no auxílio à programação da produção em uma indústria de caldeiraria**. Anais... Bento Gonçalves: Enegep, 2012. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/>>. Acesso em: 19 mai. 2015.

ROCHA, R. P. **Balanceamento de linha**: Estudo de caso na produção de Boneless Leg (BL) em um frigorífico de aves. Anais... Foz do Iguaçu: ABEPRO, 2007. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/publicacoes>>. Acesso em: 14 mai. 2015.

ROCHA, H. M. **Apostila da disciplina**: Arranjo Físico industrial. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 2011. Disponível em: <http://www.fat.uerj.br> > Acesso em: 11 abr. 2015.

Rosa, A. B.; et al. **Estudo sobre relação entre a adoção das práticas de manufatura enxuta e a adoção de prioridades competitivas em empresas de manufatura**: Uma pesquisa survey nas empresas da região de Bauru- SP. Anais... Bauru: Enegep, 2010. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/>>. Acesso em: 16 mai. 2015.

SEBRAE. **Oportunidades para o setor moveleiro**. Disponível em: <[http://www.sebrae2014.com.br/Sebrae/Sebrae%202014/Boletins/1BO_M%C3%B3veis_Junho_Nichos%20\(1\).pdf](http://www.sebrae2014.com.br/Sebrae/Sebrae%202014/Boletins/1BO_M%C3%B3veis_Junho_Nichos%20(1).pdf)>. Acesso: 18 mai. 2015.

SCHAPPO, A. J. **Um método utilizando simulação discreta e projeto experimental para avaliar o fluxo na manufatura enxuta**. 2006. 97 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SLACK, N.; et al. **Administração da produção**. Tradução de Maria Teresa Corrêa de Oliveira. São Paulo: Atlas, 2009. 703 p.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. Tradução de Eduardo Schaan. 2ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, E, L; MENEZES, E, M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: UFSC/PPGEP/LED, 2000, 118 p.

SOUSA; A. C. T. **Lean Manufacturing numa célula de montagem de embalagens alimentares na ColepCCI**. 2008. 85 p. Dissertação (Mestrado) - Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2008.

STEFANELLI, P. **Modelo de programação da produção nivelada para produção enxuta em ambiente ETO com alta variedade de produtos e alta variação de tempos de ciclo**. 2010. 133 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção), Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 190 p.

WOMACK, J, P; JONES, D, T; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 5.ed. Rio de Janeiro: Campus. 1992. 337 p.