

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
MECÂNICA

Gustavo Alfredo Tomasi

**REESTRUTURAÇÃO DE UMA LINHA DE MONTAGEM COM
BASE NOS CONCEITOS DA MANUFATURA ENXUTA**

Florianópolis

2010

Gustavo Alfredo Tomasi

**REESTRUTURAÇÃO DE UMA LINHA DE MONTAGEM COM
BASE NOS CONCEITOS DA MANUFATURA ENXUTA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Abelardo Alves de Queiroz, Ph. D

Florianópolis

2010

Gustavo Alfredo Tomasi

**REESTRUTURAÇÃO DE UMA LINHA DE MONTAGEM COM
BASE NOS CONCEITOS DA MANUFATURA ENXUTA**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica.

Florianópolis, 30 de maio de 2010.

Prof. Eduardo Alberto Fancello, D.Sc
Coordenador do Curso

Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Ph. D.
Orientador

Banca Examinadora:

Prof. Lourival Boehs, Dr. Eng.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Fernando Antônio Forcellini, Dr. Eng.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. João Carlos Espindola Ferreira, Ph. D.
Universidade Federal de Santa Catarina

*À Karin, José Luiz, Alexandre,
Cristiano, Fabiane e Gabriela.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, José Luiz e Karin Tomasi pelo carinho, amor e conforto nas horas difíceis de minha jornada. Pela educação proporcionada no decorrer dos meus anos, pois tudo que tenho devo a eles e pelo que sou hoje e serei amanhã.

Aos meus irmãos Alexandre e Cristiano pela amizade, companheirismo, preocupações, força e confiança depositados em mim.

Agradeço a Fabiane pelo carinho, amor, paciência e compreensão, a qual foi e é a fonte de inspiração na realização dos meus sonhos.

A Gabriela minha filha que tanto amo.

Agradeço ao Prof. Abelardo pelos ensinamentos acadêmicos, troca de experiência, pela dedicação e a orientação neste longo e árduo trabalho, pois sem o mesmo, certamente não seria possível atingir o nível almejado e necessário para a obtenção do título de mestre em engenharia mecânica, bem como aos colegas do grupo do GETEQ.

Aos professores que contribuíram e compuseram a teoria deste curso de mestrado.

Aos membros da banca examinadora, pelo trabalho desenvolvido, o que permitiu que este chegasse a uma versão final melhor e aprimorada.

Agradeço aos colegas de trabalho do departamento de melhoria contínua da empresa onde foi realizado o estudo de caso, em especial ao Sr. Marcelo N. S. Coutinho, que se tornou um grande amigo.

Agradeço a todas as pessoas que de uma ou de outra forma contribuíram para que este sonho se tornar-se uma realidade para mim.

Por fim, agradeço a Deus que me deu serenidade e tranquilidade para enfrentar os desafios ao longo de minha vida.

Obrigado!

Bom mesmo, é ir à luta com determinação, abraçar a vida e viver com paixão, perder com classe e vencer com ousadia, pois o triunfo pertence a quem se atreve... e a vida é muito para ser insignificante.

(Charles Chaplin).

RESUMO

Este trabalho refere-se à aplicação das ferramentas, princípios e conceitos da Manufatura Enxuta em uma montadora de ônibus com a finalidade de minimizar os desperdícios do sistema produtivo pela reestruturação de uma linha de montagem de subconjuntos de poltronas do segmento urbano. O principal objetivo foi desenvolver um método de reestruturação das linhas de montagem de subconjuntos, visando uma melhor eficiência operacional e redução dos desperdícios do sistema produtivo. A implementação do método proposto, aqui chamado de gestão da mudança, definiu as várias etapas organizacionais para a reestruturação do sistema produtivo tradicional pela aplicação de ferramentas e conceitos *Lean*, como por exemplo, fluxo contínuo, gráfico de balanceamento de operador e estudo do layout etc. Os resultados obtidos com a melhoria conduziram a um aumento de 75% na produtividade com a adição de apenas um colaborador à etapa de montagem dos subconjuntos de poltronas do segmento urbano. Em vista disso, a aplicação do método proposto foi positiva, indicando que a aceitação deste sistema de produção (Manufatura Enxuta) é uma garantia de melhoria contínua da empresa em um mercado cada vez mais competitivo.

Palavras-chave: reestruturação, manufatura enxuta, eficiência operacional, desperdícios, fluxo contínuo e *layout*.

ABSTRACT

This work refers to the application of the tools, beginnings and concepts of the Lean Manufacture in a bus assembler with the purpose of minimizing the wastes of the productive system for the restructuring of an assembly line of subsets of armchairs of the urban segment. The main objective was to develop a method of restructuring of the assembly lines of subsets, seeking a better operational efficiency and reduction of the wastes of the productive system. The implementation of the proposed method, here call of administration of the change, defined the several organizational stages for the restructuring of the traditional productive system for the application of tools and concepts Lean, as for instance, continuous flow, graph of operator swinging and study of the layout etc. The results obtained with the improvement drove it an increase of 75% in the productivity with the addition of just a collaborator to the stage of assembly of the subsets of armchairs of the urban segment. In view of that, the application of the proposed method was positive, indicating that the acceptance of this production system (Lean Manufactory) it is more and more a warranty of continuous improvement of the company in a market competitive.

Keywords: restructuring, lean manufactory, better operational efficiency; wastes, continuous flow and layout.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Casa do sistema Toyota de produção.....	41
Figura 2 – Fluxo contínuo	44
Figura 3 – Mapa de fluxo de valor do estado atual	49
Figura 4 – Mapa de fluxo de valor do estado futuro	51
Figura 5 – Heijuka box.....	54
Figura 6 – Tipos de <i>layout</i>	56
Figura 7 – Tipos de organização celular	57
Figura 8 – Linha em serpentina.....	60
Figura 9 – Ciclo PDCA	62
Figura 10 – Diagrama de balanceamento de operador	63
Figura 11 – Fluxograma de implementação do método proposto	73
Figura 12 – Passos referente à etapa – Diagnósticos.....	74
Figura 13 – Passos referente à etapa – Definir Equipes	75
Figura 14 – Passos referente à etapa – Análise do Estado Original	75
Figura 15 – Passos referente à etapa – Implementação do Estado Atual.....	77
Figura 16 – Passos referente à etapa – Melhoramento e Auditorias.....	78
Figura 17 – Passos referente à etapa – Finalização.	79
Figura 18 – Fluxo de montagem e transporte dos subconjuntos do membro Urban Wave da família de poltronas do segmento urbano	84
Figura 19 – Balanceamento das operações de montagem por colaborador do membro Urban Wave da família de poltronas do segmento urbano.....	86
Figura 20 – <i>Layout</i> do estado original da etapa de montagem de poltronas urbano.....	87
Figura 21 – Comparativo de valor agregado do estado original entre os membros da família de poltrona do segmento urbano.....	89
Figura 22 – Balanceamento da carga de trabalho por operador do membro Urban Wave da família de poltronas do segmento urbano	92
Figura 23 – <i>Layout</i> da etapa de montagem de poltronas do segmento urbano e fluxo de montagem do membro Urban Wave da família de poltronas do segmento urbano.....	93
Figura 24 – Comparativo de redução dos tempos de montagem das poltronas.....	95
Figura 25 – Valor agregado por membro da família de poltronas do segmento urbano após melhoria	97
Figura 26 – Gabarito fixo - montagem do pega-mão	104

Figura 27 – Dispositivo com rodízios - grampear superior e inferior	105
Figura 28 – Demarcação da combinação do <i>layout</i> no piso na fábrica	107
Figura 29 – Proposta do <i>layout</i> e do fluxo de montagem para o membro Urban Wave da família de poltronas do segmento urbano	108
Figura 30 – Proposta do <i>layout</i> e do fluxo de montagem para o membro Urban Freestyle da família de poltronas do segmento urbano.....	109
Figura 31 – Proposta do <i>layout</i> para o membro Urban Relax família de poltronas do segmento urbano.	110
Figura 32 – Proposta do <i>layout</i> e fluxo de montagem para o membro Urban Comfort família de poltronas do segmento urbano.....	111
Figura 33 – Proposta do <i>layout</i> e fluxo de montagem para o membro Urban City família de poltronas do segmento urbano.....	112
Figura 34 – Comparativo da produção diária.....	116
Figura 35 – Etapa de montagem de poltronas do segmento urbano antes da melhoria.....	117
Figura 36 – Etapa de montagem de poltronas do segmento urbano após a melhoria	118
Figura 37 – Fluxo de montagem e transporte dos subconjuntos – Urban Freestyle.....	136
Figura 38 – Balanceamento das operações de montagem por colaborador do membro – Urban Freestyle.....	137
Figura 39 – Fluxo de montagem e transporte dos subconjuntos – Urban Relax	138
Figura 40 – Balanceamento das operações de montagem por colaborador do membro – Urban Relax.	139
Figura 41 – Fluxo de montagem e transporte dos subconjuntos – Urban Comfort.....	140
Figura 42 - Balanceamento das operações de montagem por colaborador do membro – Urban Comfort.....	141
Figura 43 – Fluxo de montagem e transporte dos subconjuntos – Urban City.....	142
Figura 44 – Balanceamento das operações de montagem por colaborador do membro – Urban City.	143
Figura 45 – Fluxo de montagem para o membro – Urban Freestyle... ..	148
Figura 46 – Balanceamento das operações do membro – Urban Freestyle.....	149
Figura 47 – Fluxo de montagem para o membro – Urban Relax	150

Figura 48 – Balanceamento das operações do membro – Urban Relax	151
Figura 49 – Fluxo de montagem para o membro – Urban Comfort	152
Figura 50 – Balanceamento das operações do membro – Urban Comfort	153
Figura 51 – Fluxo de montagem para o membro – Urban City.....	155
Figura 52 – Balanceamento das operações do membro – Urban City.....	156

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos sistemas de produção	37
Tabela 2 – Formulário para a cronometragem dos tempos de montagem e/ou fabricação.	67
Tabela 3 – Processos do setor de fabricações.....	81
Tabela 4 – Tempos de montagem dos subconjuntos do membro Urban Wave da família de poltronas do segmento urbano.....	85
Tabela 5 – Comparativo do valor agregado do estado original entre os membros da família de poltrona do segmento urbano.....	88
Tabela 6 – Balanceamento dos tempos das operações de montagem do membro Urban Wave da família de poltronas do segmento urbano	92
Tabela 7 – Redução de movimentação.....	96
Tabela 8 – Comparativo de valor agregado entre os membros da família de poltronas do segmento urbano após melhoria	97
Tabela 9 – Registro de acompanhamento da produtividade após melhoria.....	99
Tabela 10 – Ações de melhoria realizadas no setor de montagem.....	102
Tabela 11 – Tempos de montagem do membro da família de poltrona urbano – Urban Freestyle	136
Tabela 12 – Tempos de montagem do membro da família de poltronas urbano – Urban Relax	138
Tabela 13 – Tempos de montagem do membro da família urbano – Urban Comfort	140
Tabela 14 – Tempo de montagem do membro da família de poltrona urbano – Urban City	142
Tabela 15 – Balanceamento dos tempos das operações do membro – Urban Freestyle	148
Tabela 16 – Balanceamento dos tempos das operações do membro – Urban Relax	150
Tabela 17 – Balanceamento dos tempos das operações do membro – Urban Comfort	153
Tabela 18 – Balanceamento dos tempos das operações do membro – Urban City.....	156

LISTA DE ABREVIATURAS

DBO – Diagrama de Balanceamento de Operador
FIFO – *First in First out*
GBO – Gráfico de Balanceamento de Operador
JIT – *Just-in-Time*
MFV – Mapa de Fluxo de Valor
MRP – *Material Requirement Planning* (planejamento de recursos de materiais)
MTS – *Make to Stock*
OMCD – *Operations Management Consulting Division*
PDCA – *Plan, Do, Check and Action* (planejar, fazer, checar e agir)
PFA – *Production Flow Analysis* (análise do fluxo de produção)
PFMA – *Product Family Matrix Analysis* (matriz de análise da família de produtos)
STP – Sistema Toyota de Produção
TC – Tempo de Ciclo
TG – Tecnologia de Grupo
TPM – *Total Productive Maintenance* (manutenção produtiva total)
TPT – Toda Parte Todo
TQC – *Total Quality Control* (controle de qualidade total)
TR – Tempo de Troca

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	29
1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA	29
1.2 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA E JUSTIFICATIVA	30
1.3 OBJETIVOS	31
1.4 METODOLOGIA DA PESQUISA	31
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO: ESTRUTURA ESTIMADA DO TRABALHO	33
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	35
2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO.....	35
2.2 MANUFATURA ENXUTA	38
2.2.1 Histórico do Sistema Toyota de Produção (STP)	38
2.2.2 Os Pilares do Sistema Toyota de Produção (STP)	40
2.2.3 Os Princípios da Manufatura Enxuta	42
2.3 DESPERDÍCIOS	44
2.4 FERRAMENTAS E CONCEITOS DA MANUFATURA ENXUTA.....	46
2.4.1 Mapeamento do Fluxo de Valor	46
2.4.2 Seleção de uma Família de Produtos	48
2.4.3 Mapeamento da Situação Atual do Processo Produtivo	49
2.4.4 Mapeamento da Situação Futura	50
2.5 ARRANJOS FÍSICOS – LAYOUT	54
2.5.1 Arranjo Físico Celular.....	56
2.6 PROCESSOS DE MONTAGEM EM LINHA	58
2.7 KAIZEN.....	60
2.8 BALANCEAMENTO DA CARGA DE TRABALHO	62
3 ELABORAÇÃO DO MÉTODO PARA REESTRUTURAR AS LINHAS DE MONTAGEM DE SUBCONJUNTOS	65
3.1 PROCEDIMENTOS PARA AS ATIVIDADES DE MUDANÇA NA EMPRESA.....	65
3.1.1 Visão Macro do Setor da Empresa	65
3.1.2 Análise do Estado Original da Etapa de Montagem e/ou Fabricação de uma Empresa	66
3.1.3 Reestruturação da Linha de Montagem e/ou Fabricação de Subconjuntos	68
3.2 GRUPOS PARA REALIZAR A GESTÃO DA MUDANÇA E SUAS ATRIBUIÇÕES	71
3.2.1 Equipe de Gestão da Mudança	71
3.2.2 Grupo Kaizen	72
3.2.3 Operadores	72

3.3 FLUXOGRAMA DO MÉTODO PROPOSTO PARA REESTRUTURAÇÃO DA LINHA DE MONTAGEM DE SUBCONJUNTOS	73
4 ESTUDO DE CASO COM A IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO EM UMA EMPRESA MONTADORA DE ÔNIBUS	81
4.1 VISÃO MACRO DO SETOR DE FABRICAÇÃO DE POLTRONAS	81
4.2 ANÁLISE DO ESTADO ORIGINAL DA ETAPA DE MONTAGEM DE POLTRONAS DO SEGMENTO URBANO	83
4.2.1 Mapa de Fluxo de Materiais e Informações do Estado Original da Etapa de Montagem de Poltronas	83
4.2.2 Demanda de Produtos do Estado Original	83
4.2.3 Análise do Fluxo e Tempos de Montagem de Poltronas do Segmento Urbano no Estado Original.....	84
4.2.4 Análise dos Desperdícios na Etapa de Montagem dos Subconjuntos de Poltronas.....	88
4.2.5 Resumo do Sistema Produtivo da Etapa de Montagem de Poltronas no Estado Original.....	89
4.3 ELABORAÇÃO, IMPLEMENTAÇÃO E ANÁLISE DO ESTADO ATUAL DA ETAPA DE MONTAGEM DE POLTRONAS DO SEGMENTO URBANO.	90
4.3.1 Mapa de Fluxo de Materiais e Informações do Estado Atual da Etapa de Montagem de Poltronas do Segmento Urbano.....	90
4.3.2 Cálculo do Tempo Takt.....	91
4.3.3 Fluxo de Materiais e Balanceamento das Operações de Montagem no Estado Atual.....	91
4.3.4 Análise dos Desperdícios na Montagem no Estado Atual	96
4.3.5 Treinamento para os Colaboradores	97
4.3.6 Verificação de Possíveis Ajustes	98
4.3.7 Melhorias e Auditorias	98
4.3.8 Resumo do Sistema Produtivo da Etapa de Montagem e/ou Fabricação no Estado Atual.....	100
4.4 GESTÃO DA MUDANÇA.....	100
4.4.1 Equipe da Gestão de Mudança	100
4.4.2 Grupo Kaizen.....	101
4.4.3 Os Operadores	103
4.5 PROPOSTA DE UMA FUTURA LINHA DE MONTAGEM DE SUBCONJUNTOS	103
4.5.1 Proposta de Reestruturação da Linha de Montagem de Subconjuntos de Poltronas do Segmento Urbano do Estado Atual para um Estado Futuro	104
4.5.2 Proposta do Layout Flexível	106
4.5.3 Resumo da Proposta do Layout Flexível	113
5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	115

5.1 REDUÇÃO DE ÁREA	115
5.2 AUMENTO DA PRODUTIVIDADE.....	115
5.3 REDUÇÃO DO ESTOQUE.....	117
5.4 DIFUSÃO DOS CONCEITOS E DA FILOSOFIA LEAN	118
5.5 AVALIAÇÃO FINAL DOS RESULTADOS	119
6 CONCLUSÃO	121
6.1 AVALIAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO	123
6.2 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	124
REFERÊNCIAS	125
APÊNDICE A – MAPA DE FLUXO DE VALOR MACRO DO SETOR DE FABRICAÇÃO DE POLTRONAS DO SEGMENTO URBANO	131
APÊNDICE B – MAPA DE FLUXO DE VALOR DO ESTADO ORIGINAL DA ETAPA DE MONTAGEM DE POLTRONAS DO SEGMENTO URBANO	133
APÊNDICE C – ANÁLISE DO FLUXO E TEMPOS DE MONTAGEM DE POLTRONAS NO ESTADO ORIGINAL.....	135
APÊNDICE D – MAPA DE FLUXO DE VALOR DO ESTADO ATUAL DA ETAPA DE MONTAGEM DE POLTRONAS DO SEGMENTO URBANO	145
APÊNDICE E – ANÁLISE DO FLUXO E TEMPOS DE MONTAGEM DE POLTRONAS NO ESTADO ATUAL	147

1 INTRODUÇÃO

O tema central deste trabalho refere-se a um método para reestruturar as linhas tradicionais de montagem de subconjuntos abordando a reorganização dos recursos produtivos visando a minimização dos desperdícios como, por exemplo, o excesso de movimentação de pessoas e o transporte de materiais da empresa em estudo.

Este capítulo contém uma breve introdução do cenário global e as implicações com a produção industrial, assim, procura-se situar o contexto da pesquisa com ênfase na Manufatura Enxuta, descrevendo o problema selecionado para a pesquisa. Ainda apresenta-se a justificativa, os objetivos e a metodologia.

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

É sabido que, quando se atira uma pedra num lago, se obtém uma série de ondas concêntricas que se propagam de forma contínua por toda a superfície aquática. Graças ao progresso tecnológico, o planeta Terra tornou-se hoje como este pequeno lago, onde cada onda atinge e envolve rapidamente até os cantos mais remotos (DE MASI, 2000).

Este fato é sentido nas indústrias e organizações, pois estas encontram-se inseridas em um mundo globalizado, que devido avanços tecnológicos e científicos propicia a disseminação e integração das informações no mundo todo.

A globalização tem causado efeito substancial sobre a cadeia produtiva de todas as empresas. A concorrência mundial sofreu e vem sofrendo grandes modificações na área de produção de bens industriais nas últimas três décadas. Tais mudanças combinadas ou isoladas exercem pressão sobre os sistemas de manufatura, no sentido de alavancar novas formas de gerenciamento de trabalho que propiciem o aumento da competitividade entre as organizações e a permanência no mercado.

Uma solução utilizada para alcançar tais resultados e administrar as operações das organizações de uma maneira mais eficaz e eficiente é através da implementação do Sistema de Produção Enxuta – *Lean Production System* ou Manufatura Enxuta – *Lean Manufacturing*.

Este sistema engloba a aplicação de diversas ferramentas, técnicas e conceitos como, por exemplo, o MFV (Mapeamento de Fluxo de Valor), 5S, *Kaizen*, Trabalho Padronizado, Fluxo Contínuo, e entre outros. A utilização destas ferramentas propicia ganhos significativos em toda a cadeia produtiva, pela redução dos desperdícios. Muitas organizações de diversos setores da economia e de diferentes portes têm adotado a filosofia *Lean* e conseguido excelentes resultados como a redução de *lead times*, redução de custos, melhoria de qualidade do produto e aumento de produtividade.

Para a efetiva implementação do *Lean* em uma organização, é importante adquirir uma série de conhecimentos sobre esta filosofia, bem como as metodologias e ferramentas que permitam sua efetiva aplicação.

1.2 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

O problema abordado neste trabalho refere-se à montagem de subconjuntos de poltronas do segmento urbano de uma empresa montadora de ônibus onde são detectados alguns desperdícios no sistema produtivo, como por exemplo, espera, estoque, movimentação excessiva de pessoas, transporte de materiais etc.

As ineficiências encontradas são conseqüências da falta de um fluxo contínuo de produção e este, portanto, é o foco central deste trabalho, no qual se pretende desenvolver um método para reestruturar as linhas tradicionais de montagem de subconjuntos com base nos conceitos na Manufatura Enxuta com a finalidade de minimizar tais desperdícios e, conseqüentemente os custos de produção, proporcionando uma maior competitividade da empresa frente ao mercado.

Em vista disso, a reestruturação das linhas de montagem de subconjuntos, com base nos conceitos da Manufatura Enxuta, apresenta-se como uma ferramenta de fundamental importância para a organização dos recursos e dos elementos produtivos das empresas. A Manufatura Enxuta busca a redução dos desperdícios do sistema produtivo a fim de formar um fluxo contínuo e lógico de materiais e informações, desde que adaptados para as reais necessidades da mesma.

As linhas de montagem são normalmente configuradas em forma celular permitindo o fluxo contínuo de materiais de acordo com a

seqüência de processamento dos produtos, onde os trabalhadores podem se mover facilmente de uma máquina para outra, descarregando e carregando as peças. Além do mais, o *layout* celular oportuniza ganhos como a otimização do espaço físico da planta, a redução do transporte de materiais entre os equipamentos e a movimentação de pessoas.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo principal é desenvolver um método para reestruturar as linhas tradicionais de montagem de subconjuntos com base nos conceitos, princípios e ferramentas da Manufatura Enxuta. Desse modo, mais especificamente para a concretização desta idéia será necessário:

- Analisar o método no contexto da bibliografia;
- Implementar o método desenvolvido na empresa em estudo;
- Analisar os resultados da implementação.

1.4 METODOLOGIA DA PESQUISA

Quanto à natureza é uma pesquisa aplicada, porque, de acordo com Silva (2001, p. 20), “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais”. E, Vergara (2000, p. 47) define a pesquisa aplicada como sendo “fundamentalmente motivada pela necessidade de resolver problemas concretos, mais imediatos ou não”.

Do ponto de vista dos seus objetivos, esta dissertação consiste em uma pesquisa exploratória, porque, segundo Richardson (1999, p. 287), “procura conhecer as características de um fenômeno para procurar explicações das causas e conseqüências de dito fenômeno”. Na definição de Samara e Barros (2007, p. 35), os estudos exploratórios têm como principal característica “a informalidade, a flexibilidade e a criatividade, e neles procura-se obter um primeiro contato com a situação a ser pesquisada ou um melhor conhecimento do objeto em estudo e das hipóteses a serem confirmadas”. A pesquisa exploratória, de acordo com Aaker *et al.* (2001, p. 94), “é usada quando se buscam um entendimento sobre a natureza do problema, as possíveis hipóteses alternativas e as variáveis relevantes que precisam ser consideradas”.

Quanto aos procedimentos técnicos deste trabalho trata-se de uma pesquisa bibliográfica e experimental. Segundo Gil (2002), a pesquisa bibliografia é desenvolvida mediante material já elaborado, principalmente livros e artigos científicos. E, na pesquisa experimental se determina um objeto de estudo, selecionam-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definem-se as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

Quanto à abordagem é uma pesquisa qualitativa e quantitativa. A pesquisa qualitativa, de acordo com Roesch (1999, p. 155), “é apropriada para avaliação formativa, quando se trata de melhorar a efetividade de um programa ou plano, ou seja, quando se trata de selecionar as metas de um programa e construir uma intervenção”. Conforme Aaker *et al.* (2001, p. 206), “os dados qualitativos são coletados para se conhecer melhor os aspectos que não podem ser observados e medidos diretamente”. Para Soares (2003, p. 19), “a abordagem qualitativa não emprega procedimentos estatísticos como centro do processo de análise de um problema”. Já a pesquisa quantitativa é caracterizada pela quantificação tanto na coleta de informações, quanto no tratamento delas através de técnicas estatísticas, desde as mais simples até às mais complexas (RICHARDSON, 1999, p. 70).

Na metodologia também deve-se definir a área de estudo, que segundo Roesch (1999, p. 128) “pode estar concentrada em um departamento ou englobar toda a organização [...]”. A área de atuação desta pesquisa foi a área produtiva, mais precisamente na etapa de montagem de poltronas.

Definida a área de estudo, deve-se descrever o processo de coleta de dados. Na concepção de Aaker *et al.* (2001, p. 241), “a escolha de método de coleta de dados é um ponto crítico no processo de pesquisa, pois existem inúmeros fatores a serem considerados, bem como as variações e instrumentos dos métodos”. Dados da literatura sobre Manufatura Enxuta guiaram os procedimentos de coleta de dados.

Já, na segunda etapa da coleta de dados para realizar a melhoria da linha de montagem de poltronas foi necessário empregar a técnica da observação participante que na opinião de Roesch (1999, p.161), “[...] ocorre de forma aberta quando o pesquisador tem permissão para realizar sua pesquisa na empresa e todos sabem a respeito de seu trabalho. [...] certamente, não poderá ficar só observando, terá muitas vezes que trabalhar junto com os demais empregados, ou pelo menos oferecer ajuda sempre que puder”.

Para a análise dos dados coletados na pesquisa os mesmos foram tabulados, interpretados, analisados e apresentados de forma descritiva e também através de gráficos seguidos de comentários com base na revisão bibliográfica.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO: ESTRUTURA ESTIMADA DO TRABALHO

Neste tópico são apresentados os capítulos contidos na dissertação:

- Capítulo 1: Introdução.

Está constituído de forma breve com uma discussão introdutória para contextualização do tema de pesquisa. Contemplam uma explanação do problema e a justificativa, os objetivos, a metodologia da pesquisa e a organização estrutural do trabalho.

- Capítulo 2: Revisão bibliográfica.

Apresenta uma revisão bibliográfica, abordando os seguintes temas: sistema de produção, Manufatura Enxuta, desperdícios, arranjos físicos, processos de montagem em linha, *Kaizen* e organização do trabalho na produção.

- Capítulo 3: Descrição do método.

Descreve-se o desenvolvimento de um método para reestruturar as linhas tradicionais de montagem de subconjuntos.

- Capítulo 4: Estudo de caso.

Este capítulo descreve a aplicação do método proposto para reestruturar as linhas de montagem de subconjuntos de poltronas do segmento urbano em uma empresa montadora de ônibus.

- Capítulo 5: Apresentação dos resultados.

Nesse capítulo é apresentado o resultado obtido através das melhorias realizadas pelo uso do método proposto e sugestões para futuros trabalhos.

- Capítulo 6: Conclusão.

São apresentadas as considerações finais desenvolvidas a partir dos objetivos propostos e sugestões para desdobramentos de futuras pesquisas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica referente aos assuntos abordados para a realização desta dissertação. Entre os assuntos, destacam-se os sistemas de produção artesanal e em massa, os princípios, os desperdícios, as ferramentas e conceitos da Manufatura Enxuta. Também apresentam-se o arranjo físico celular, os processos de montagem em linhas e o balanceamento da carga de trabalho.

2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Com a evolução da atividade humana, os sistemas de produção sofreram mudanças significativas e estão sendo aperfeiçoados de acordo com as necessidades dos seres humanos. Desde Adam Smith e Frederick Taylor, os estudiosos estão pesquisando uma forma e/ou um método de administrar a produção de bens e/ou serviços com maior eficiência.

Inicialmente, os produtos eram fabricados por artesãos e produzidos com ferramentas simples e flexíveis. Devido às condições de produção, a qualidade do produto dependia exclusivamente do artesão, sendo que a quantidade de produtos era limitada e variável, pouca padronização das atividades e o processo lento e caro.

De acordo com Womack *et al* (1992), as características do sistema de produção artesanal são:

- A força de trabalho é altamente qualificada, desde o projeto do produto, nas operações de máquinas, ajuste e no acabamento. O progresso acontecia através de um aprendizado abrangendo todo um conjunto de habilidades artesanais, podendo dessa forma, a força de trabalho administrar suas próprias oficinas, originando assim os empreendedores autônomos;
- As organizações que, embora de abrangência local, eram muito descentralizadas do ponto de vista funcional, onde o proprietário e/ou empresário coordenava o sistema consumidor, empregado e fornecedor;
- Máquinas e ferramentas de propósito de uso geral;

- Baixíssimo volume de produção sem a padronização de peças de produtos, nem a intercambiabilidade de peças e componentes, que precisavam ser ajustados um a um;
- Elevado custo de produção que não diminui com o aumento do volume;
- O sistema incapaz de garantir a qualidade do produto no que se refere à confiabilidade e durabilidade, pois devido à carência de testes sistemáticos nas organizações, era o próprio cliente que acabava realizando-os;
- Falta de pesquisa na busca de inovações e avanços tecnológicos.

A produção em massa começou a ganhar força no ocidente, por volta de 1915, com o advento da administração científica de Taylor, bem como às necessidades de produzir bens de consumo em maiores volumes e com menores custos.

O sistema de produção em massa, implementado e difundido por Henry Ford e aperfeiçoado por Alfred Sloan da *General Motors*, caracterizado pelas linhas de montagens de automóveis, empregava o uso de máquinas pouco versáteis, os profissionais semi ou não-qualificados, produzindo grandes quantidades de produtos com elevada padronização das atividades de forma a reduzir o custo dos produtos.

Como principais características do sistema de produção em massa destacam-se:

- O ritmo de produção normalmente era ditado pela linha de montagem (transportador mecanizado);
- Supervisão com foco fiscalizador;
- Mão-de-obra sem a visão total do produto, especializado em poucas atividades e operações, o que possibilitava treinamentos muitos simples e rápidos;
- Maquinário dedicado e pouco flexível caso em mudanças de produtos;
- Garantia da qualidade do produto feita na inspeção final por especialista da qualidade;
- Elevada quantidade de mão-de-obra indireta para garantir o funcionamento de todo o sistema;
- Economia de escala;
- Elevados volumes de produção baseados em grandes lotes de produtos com o intuito de garantir a intercambiabilidade de peças a baixo custo;

- Não incentivo à participação dos operários no melhoramento do processo;
- Tendência a verticalização do negócio, o que acarretou uma burocracia em alta escala;
- A automação reduziu gradualmente no decorrer dos anos a necessidade de mão-de-obra.

Em contraposição a produção em massa, em 1950, começa a se destacar a Manufatura Enxuta, com o conceito moderno do Sistema Toyota de Produção (STP), que combina as vantagens das produções artesanais e em massa, evitando os altos custos desta primeira e a rigidez dessa última. O novo sistema de produção segundo Womack e Jones (1992), não apenas maximiza a eficiência, mas, e principalmente, maximiza a flexibilidade, sendo mais ágil, inovador e capaz de enfrentar melhor as mudanças do mercado, onde as organizações estão inseridas, empregando equipes de trabalhadores multi-qualificados em todos os níveis da organização, além de máquinas flexíveis e automatizadas para produzir um grande volume e uma ampla variedade de produtos.

A tabela 1 apresenta um comparativo entre os sistemas produtivos artesanal, em massa e a produção enxuta, no que se refere ao volume de produção, ferramentas, a qualidade do produto, flexibilidade produtiva, a capacidade intelectual dos funcionários, bem como o custo de produção.

Tabela 1 – Características dos sistemas de produção

	Artesanal	em Massa	Enxuta
Produção	Uma peça por vez	em Massa	Somente quando o cliente solicitar
Volume de produção	Baixo volume	Foco no volume de produção	Possibilita alto volume de produção, se existir
Ferramenta	Simple e flexível	Máquinas caras e pouco versáteis	Right Size Tools
Qualidade	O que puder ser feito	Bom o suficiente	Busca contante da perfeição
Cliente/Mercado	Produto definido pelo cliente	Produz uma opção padrão para o mercado	Produz diversas opções de produtos para escolha
Funcionário	Altamente especializado	Semi qualificado e trabalho monótono	Qualificado e multifuncional
Custo	Altíssimo	Baixo	Mais baixo ainda

Fonte: Womack *et al* (1992)

O Sistema Toyota de Produção foi denominado de Manufatura Enxuta pelo pesquisador John Krafcik, do *Massachusetts Institute of*

Tecnology (WOMACK; JONES 2004). Krafcik denominou o sistema de enxuto, pois reduz o esforço dos operários na fabricação dos produtos, o espaço de fábrica, o investimento em ferramentas, as horas de planejamento para desenvolver novos produtos, o estoque no local de fabricação, além de resultar em menores defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos.

2.2 MANUFATURA ENXUTA

2.2.1 Histórico do Sistema Toyota de Produção (STP)

Após a Segunda Guerra Mundial a *Toyota Motors Company* no Japão, sofreu um colapso nas vendas de seus produtos e, por esta razão, demitiu uma grande quantidade dos funcionários.

Segundo Womack (2004), a Toyota, no período pós-guerra, vivia um cenário mercantil com as seguintes características:

- O mercado doméstico era limitado, no entanto, havia uma vasta demanda por veículos, dos carros de luxo aos caminhões grandes para transporte de mercadorias;
- A força de trabalho japonesa, estava se adaptando as novas leis trabalhistas que foram influenciadas pela ocupação norte-americana. Assim, os trabalhadores japoneses buscavam através da negociação condições mais favoráveis de emprego e a posição de barganha dos sindicatos;
- A economia do Japão foi devastada pela guerra e encontrava dificuldades para novas compras de tecnologias de produção ocidental;
- O mundo todo estava repleto de produtos de veículos e estavam ansiosos para operar no Japão e a defender seus mercados a qualquer custo.

Devido a todos esses fatores, Ohno e Eiji concluíram que esse cenário em que se encontrava a Toyota no mercado Japonês e global, não seria conveniente copiar o modelo de produção americano e, além disso, diziam que o processo de produção em massa Ocidental não funcionaria no Japão.

Dessa maneira, para viabilizar o crescimento produtivo pós-guerra, a estratégia da Toyota, foi a de capacitar-se para sobreviver em

um mercado de demanda discreta, onde a estratégia de produção em massa através da fabricação em lotes, não era aplicável e viável. Para contornar essas diversidades, fez-se necessário um novo sistema de produção baseado na fabricação de pequenos lotes na tentativa de eliminar os custos financeiros dos imensos estoques de peças acabadas que os sistemas de produção em massa exigiam, ou seja, produzir poucas peças antes mesmo de montá-las. Tal sistema foi denominado de Sistema Toyota de Produção.

A Toyota japonesa se tornou uma empresa competitiva graças à sua original tecnologia de gestão. Seu sistema passou a se expandir pelo mundo como *Lean*, provocando várias experiências em diferentes empresas, dentro e fora do setor automobilístico. Na implantação do *Lean* observa-se variados ambientes fabris e diferentes abordagens de conversão.

A primeira experiência foi o caso da NUMMI, que pretendia implementar o sistema numa planta americana da GM, que tinha acabado de ser fechada devido aos seus baixos indicadores de desempenho. Tal caso se tornou um clássico na literatura *Lean* pela fantástica transformação, no entanto não agradou a Toyota, já que este foi o primeiro e único caso de conversão de uma planta tradicional em *Lean* pela líder do mercado automobilístico, que é a Toyota.

Todas as demais implantações da Toyota em sua fantástica expansão ao redor do mundo foram realizadas a partir de novas plantas construídas, pois ela jamais praticou aquisição nem fusão com nenhuma empresa.

A expansão pela construção de novas plantas tem dois focos principais na Toyota: o desenvolvimento de pessoas e a transferência do conhecimento da produção *Lean*. O primeiro foco refere-se ao programa de desenvolvimento de pessoas experientes na empresa, sendo que este enraizou-se em todas as suas estruturas como valor cultural do modelo Toyota de Produção, em que os líderes, engenheiros e colaboradores acreditam piamente que a única fonte de vantagem competitiva da empresa é o grupo de pessoas talentosas que ela desenvolve. Esta filosofia do desenvolvimento de pessoas é tão central para a Toyota que seis dos catorze princípios apresentados no livro Modelo Toyota de Produção Liker, (2005) relacionam-se intimamente com ela. O segundo foco refere-se à transferência de conhecimento da produção enxuta em sua operação e por meio da orquestração e gerenciamento na forma de *joint-venture* com seus fornecedores.

Fora da abordagem Toyota, outras empresas têm convertido suas plantas tradicionais em plantas *Lean* através da tutoria de um *Sensei*. *Sensei* no Japão refere-se a um professor que domina um assunto. Uma empresa necessita de um *Sensei* para ter assistência técnica e aconselhamento na mudança administrativa quando estiver tentando fazer algo pela primeira vez. Em vista disso, o professor ajuda na transformação, a obter resultados rápidos e manter a construção (LIKER, 2005).

Muitas experiências bem sucedidas com *Sensei* são relatadas na literatura, sendo muitos destes ex-membros da Toyota. Contudo não existe solução de sucesso da implantação *Lean* se a própria empresa transformada não tiver na sua estrutura líderes *Lean* em todos os níveis hierárquicos. Portanto uma outra abordagem adotada pela maior parte das empresas de consultoria em *Lean* é o uso de um *coaching*. Esta abordagem tem a finalidade de implementar melhorias no processo produtivo, logístico e administrativo através de treinamentos na empresa ou em grupos abertos, para capacitarem profissionais para a implementação das técnicas, ferramentas e conceitos *Lean*, de acordo com a realidade e as necessidades da empresa sob o aconselhamento de um *coaching*.

Com a grande disseminação do conhecimento das técnicas e das experiências bem sucedidas de *Lean*, muitas empresas têm enfrentado a sua conversão através de equipes internas bem treinadas. O foco principal é promover a melhoria e reduzir os desperdícios dos processos produtivos. Para tanto, é responsável pela disseminação dos conceitos, técnicas e ferramentas da Manufatura Enxuta. Esta técnica tem como prática estabelecer um vínculo entre os colaboradores da empresa e um agente de mudança que normalmente é contratado para a organização.

2.2.2 Os Pilares do Sistema Toyota de Produção (STP)

A Casa do Sistema Toyota de Produção é uma filosofia de negócio que tenta otimizar a organização para atender da melhor maneira possível às necessidades dos clientes, produzindo produtos com o menor custo possível, com a mais alta qualidade, e com menor prazo possível. Isso só pode ser obtido através da constante perseguição e eliminação das perdas existentes nos processos produtivos como movimentação, espera, estoque entre outros.

De acordo com Liker (2005), o diagrama “Casa do STP”, tornou-se um dos símbolos mais facilmente reconhecido nas indústrias modernas. Trata-se de um sistema estrutural, no qual as colunas e as fundações são fortes e bem estruturadas, para dar suporte ao telhado, conforme demonstrado na figura 1.

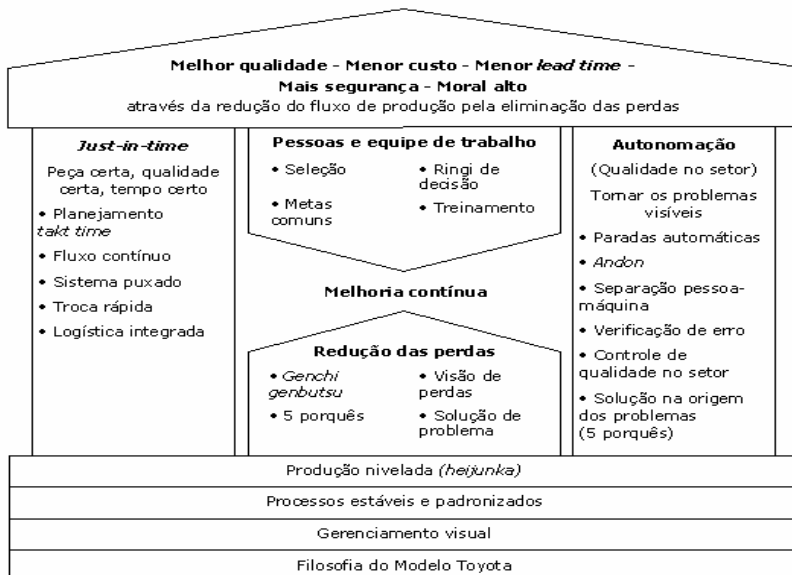


Figura 1 – Casa do sistema Toyota de produção.

Fonte: Liker (2005).

De acordo com a figura 1, no “telhado”, estão às metas de melhor qualidade, menor custo e menor *lead time*. As duas colunas externas encontram-se o *Just-in-Time* (JIT) e a Autonomia, que são os pilares que sustentam o sistema.

Just-in-Time nada mais é do que produzir peças ou os itens necessários, de acordo com a quantidade estabelecida e entregar no tempo determinado.

Autonomia ou *Jidoka* em japonês, quer dizer automação com inteligência humana. A utilização deste termo deve-se ao fato de que as máquinas e aos equipamentos são capazes de distinguir peças boas de peças ruins autonomamente, sem precisar do monitoramento de um operado (LÉXICO LEAN, 2007).

No centro do sistema estão as pessoas (posição de destaque e motivo de valorização/investimento), que na Toyota, são as responsáveis e impulsionam a melhoria contínua pelo uso do pensamento criativo ou idéias inventivas. Nos fundamentos da casa, estão algumas ferramentas e conceitos para a implantação da Manufatura Enxuta, tais como produção nivelada (*Heijunka*), padronização e o gerenciamento visual que são à base da estrutura do sistema. Cada elemento da casa é importante isoladamente, porém o mais importante é o modo como os elementos reforçam uns aos outros.

O próximo tópico descreve os princípios estabelecidos por Womack e Jones (2004), com base na teoria que sustenta o Sistema Toyota de Produção através dos cinco princípios básicos cujo objetivo é tornar as indústrias mais flexíveis e capazes de responder as necessidades dos clientes.

2.2.3 Os Princípios da Manufatura Enxuta

Womack e Jones (1998) expressam que os princípios da Manufatura Enxuta podem ser aplicados em todas as indústrias do mundo e que a conversão deste sistema, terá um efeito significativo na sociedade humana. Os princípios da Manufatura Enxuta são:

- Valor: de acordo com Womack e Jones (1998), o ponto de partida essencial para o pensamento enxuto é o valor e o mesmo só pode ser definido pelo cliente final. Só é significativo quando expresso em termos de um produto específico (um bem ou serviço e, muitas vezes, ambos simultaneamente) que atenda as necessidades dos clientes a um preço e em um momento específico, sendo este, criado pelo produtor;
- Fluxo de valor: de acordo com Ferro (2000), um fluxo de valor é toda ação (agregando valor ou não) necessária para trazer um produto por todos os fluxos essenciais de produção, desde a matéria-prima até os braços do consumidor (fluxo de materiais), e o fluxo de projeto do produto, da concepção até o lançamento do produto (fluxo de informações). Ao analisar qualquer fluxo de valor, encontram-se as atividades que agregam ou não agregam valor e algumas necessárias para transformar a matéria-prima em produtos acabados, que são

divididos em três tipos de ações, de acordo com Womack e Jones (2004):

- 1) Muitas etapas certamente criam valor: a solda de um produto, o transporte de um passageiro, a pintura e a usinagem de uma peça, o atendimento de um paciente em um hospital;
 - 2) Muitas outras etapas não criam valor, mas são inevitáveis como a tecnologia e ativos de produção: a inspeção das soldas para garantir a qualidade, o transporte de uma peça da área de usinagem para pintura, o encaminhamento dos pacientes ao atendimento médico, entre outros. Essas etapas são consideradas como desperdício tipo um, pois as mesmas são necessárias no processo, mas não agregam valor ao produto ou serviço;
 - 3) Etapas adicionais ao sistema produtivo que não criam valor e devem ser evitadas imediatamente: movimento de estoque em processo por longas distâncias, criação de transporte ineficiente ou movimentação de materiais, peças ou produtos acabados para dentro ou fora do estoque ou entre processos, espera dos clientes para o atendimento etc. Essas etapas são consideradas como desperdícios tipo dois, e as mesmas devem ser eliminadas, imediatamente gerando grande economia de custo produtivo.
- Fazer o fluxo fluir: Womack e Jones (2004) expressam que fluxo contínuo é o objetivo principal da produção enxuta. Então, criar fluxo contínuo tem sido o alvo de inúmeros projetos *kaizens*. Uma vez que o valor tenha sido especificado com precisão, o fluxo de valor de determinado produto totalmente mapeado e as etapas que geram desperdícios eliminados, o próximo passo do pensamento enxuto é fazer com que as etapas restantes que criam valor, fluam.

O Sistema Toyota de Produção segundo Ohno (1997), não estabelece que o tamanho do lote ideal é aquele que represente maior eficiência no processo individual ou para o departamento de movimentação de material. No pensamento enxuto, o tamanho ideal do lote é sempre o mesmo, o unitário, conforme a figura 2. Isso porque Ohno, não estava tentando otimizar a utilização de pessoas e de equipamentos em cada departamento, mas sim otimizar o fluxo de material pela fábrica para reduzir o tamanho dos lotes e conseguir

eliminar os estoques entre os processos, criando células de trabalho agrupadas por produtos e não por processos.

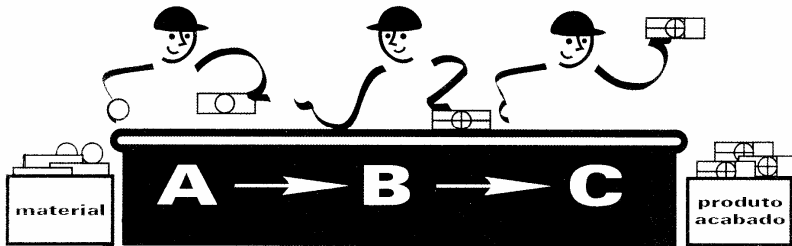


Figura 2 – Fluxo contínuo

Fonte: Rother, Shook, (2003).

- Puxar a produção: de acordo com Womack e Jones (1998), puxar a produção é o procedimento que permite que mudanças significativas na conversão de departamentos de lotes em fluxo de produção, no tempo necessário para a concepção do produto ao lançamento, da venda à entrega, da matéria-prima ao cliente reduzem-se drasticamente. Esses aspectos produzem um fluxo de caixa extra, decorrente das reduções dos estoques e acelera o retorno do investimento devido ao encurtamento do *lead time*;
- Perfeição: para Womack e Jones (2004), a perfeição deve ser o objetivo constante e de todos envolvidos nos fluxos de valor. A busca do aperfeiçoamento contínuo em direção a um estado ideal deve nortear todos os esforços da empresa, em processos transparentes onde todos os membros da cadeia (montadores, fabricantes de diversos níveis, distribuidores e revendedores) tenham conhecimento profundo do processo com um todo e assim podem buscar continuamente melhores formas de criar o valor.

2.3 DESPERDÍCIOS

A essência do Sistema Toyota de Produção de acordo com Ghinato (2000), é a identificação e a eliminação de todos os tipos de desperdícios.

Este princípio baseia-se na crença de que a tradicional equação custo. lucro = preço, deve ser substituída por preço - custo = lucro. Na lógica tradicional, o preço era imposto ao mercado como resultado de um dado custo de fabricação somado a uma margem de lucro pretendida. Com isso era permitido ao fornecedor transferir ao cliente os custos adicionais decorrentes da eventual ineficiência de seus processos de produção.

A Toyota identificou sete grandes tipos de desperdícios sem agregação de valor em processos administrativos ou de produção, que podem ser encontrados no desenvolvimento de produtos, no recebimento de pedidos e no escritório e não apenas em linhas de produção. Liker (2005) acrescenta ainda um oitavo tipo de desperdício, e todos eles são apresentados a seguir:

- Superprodução: é a produção de itens para os quais não há demanda o que gera perdas com excesso de pessoal, de estoque e com os custos de transporte devido ao estoque excessivo. Liker (2005) salienta que Taichi Ohno considerava a superprodução como o principal desperdício, pois gera a maioria dos demais;
- Espera: é um tipo de desperdício categorizado por funcionários que servem apenas para vigiar uma máquina automática ou que fica esperando pelo próximo passo no processamento, ferramenta, suprimento, peças etc., ou que simplesmente não tem trabalho devido a uma falta de estoque, atrasos no processamento, interrupção do funcionamento de equipamentos e gargalos de capacidade;
- Transporte desnecessário: é a movimentação de estoque em processo por longas distâncias, o transporte ineficiente ou movimentação de materiais, de peças ou produtos acabados para dentro ou fora do estoque ou entre processos;
- Superprocessamento ou processamento incorreto: são processamentos desnecessários para manufatura de peças. Processamento ineficiente devido a uma ferramenta ou ao projeto de baixa qualidade de produto, causando movimentação desnecessária e produzindo defeitos;
- Excesso de estoque: Excesso de matéria-prima de estoque em processo ou de produtos acabado, causando *lead times* mais longos, obsolescência, produtos danificados, custo de transporte e de armazenagem e atrasos. Além disso, o estoque extra, oculta problemas com desbalanceamento de produção,

entregas atrasadas dos fornecedores, equipamentos com defeitos e em conserto e longo tempo de *setup* (preparação de máquinas);

- Movimentação desnecessária: qualquer movimentação inútil que os funcionários têm que fazer durante o trabalho, tais como procurar peças e ferramentas, pegar empilhadeira, peças e ferramentas etc.;
- Defeitos: produção e correção de peças defeituosas. Consertar ou re-trabalhar, descartar ou substituir e inspecionar a produção. Estes significam perdas de manuseio, tempo de trabalho e esforço;
- Desperdício da criatividade dos funcionários: desperdício de tempo, idéias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não envolver ou ouvir seus funcionários.

Com a identificação e o entendimento dos tipos de desperdícios, a próxima etapa é a eliminação dos mesmos. Sendo que, as atividades classificadas como desperdícios devem ser eliminadas, as atividades que não agregam valor, porém necessárias devem ser minimizadas e as atividades que realmente agregam valor, devem ser otimizadas. Uma vez que as atividades que não agregam valor ao produto representam uma parcela considerável do tempo gasto, as melhorias propostas e implementadas pela Manufatura Enxuta resultam em ganhos significativos quando comparadas aos resultados alcançados pelo enfoque tradicional.

2.4 FERRAMENTAS E CONCEITOS DA MANUFATURA ENXUTA

Neste tópico são explanados os conceitos das principais ferramentas da Manufatura Enxuta que foram aplicadas para o desenvolvimento do estudo de caso na empresa de ônibus.

2.4.1 Mapeamento do Fluxo de Valor

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MVF) – *Value Stream Mapping* - é uma ferramenta que foi desenvolvida pela *Operations Management Consulting Divison* (OMCD) pertencente à *Toyota Motor*

Company, cujo intuito era implementar o STP nos fornecedores da Toyota.

Esta ferramenta sintetiza os princípios do STP, facilitando a visualização da situação dos processos de manufatura em relação a estes princípios (GHINATO, 2000).

Rother e Shook (2003) afirmam que esta ferramenta é de grande relevância, pois ela permite ver a situação de todo o ambiente produtivo de uma maneira clara, concisa, reconhecível e interpretável, que na maioria das vezes é algo complexo para ser diretamente enxergado. Além disso, os autores apresentam alguns motivos essenciais para realizar o Mapeamento do Fluxo de valor:

- Ajuda a visualizar mais do que simplesmente os processos e/ou etapas individualmente como, por exemplo, a solda, montagem, usinagem etc. como também o fluxo como um todo;
- Ajuda não somente a identificar os desperdícios como também ajuda a identificar as fontes de desperdícios do fluxo de valor;
- Fornece uma linguagem comum, simbólica e visual para tratar dos processos de manufatura;
- Torna as decisões sobre o fluxo visíveis, de modo que possa ser discutida entre as pessoas;
- Junta conceitos e técnicas enxutas que ajudam a evitar a implementação de algumas técnicas isoladas;
- Forma a base de um plano de informações tornando-se referência para a implementação.

No entanto, a utilização do mapa traz algumas limitações gráficas por estar focado no fluxo de valor, perdendo a visão das operações e de métricas financeiras. De acordo com Slack *et al* (2002), a ferramenta foi construída com a intenção de reduzir *lead time* e, conseqüentemente, eliminar os desperdícios que ocasionam um impacto sobre os objetivos de desempenho como custo, qualidade, rapidez na entrega e flexibilidade do produto.

Além dessas limitações que o mapa apresenta Irani (2004), reconhece a utilização desta ferramenta e ainda apresenta uma série de restrições como, por exemplo:

- Falta de um método que possibilite identificar o tipo de melhoria a ser realizada;

- As dificuldades em relatar o conteúdo do fluxo de informações;
- Falta de dados estatísticos e concretos que facilite a visualização espacial de *layout* e manuseio de materiais;
- A não identificação dos custos das operações, das despesas com inventário etc.;
- Falta de anotações sobre a forma como é realizado o transporte, a distância percorrida e as filas;
- Dificuldade de identificar os tipos de produtos com fluxos diferentes.

Apesar dessas críticas, esta ferramenta faz parte da filosofia *Lean* pela simplicidade, fácil visualização e disseminação das informações da forma de gestão, sendo uma ferramenta e um método acessível para qualquer tipo de organização na tentativa de descobrir as falhas e ineficiências dos sistemas produtivos.

Para realizar o MFV de uma forma dinâmica, simples e eficaz, alguns passos devem ser levados em consideração na hora de realizar o mapeamento do estado atual como, por exemplo: selecionar uma família de produtos, coletarem dados sobre a demanda, tipos de processos envolvidos etc. E para realizar o MFV do estado futuro, algumas diretrizes que incluem os conceitos e técnicas da manufatura enxuta também devem ser seguidas com o intuito de obter melhores resultados pela redução dos desperdícios.

2.4.2 Seleção de uma Família de Produtos

O passo mais importante para dar o início ao mapeamento do fluxo de valor, consiste em selecionar uma família de produtos, que é um grupo de produtos que passam por etapas e/ou processos semelhante utilizando equipamentos comuns nos seus processos de fabricação.

Existem alguns métodos para a formação de família de peças aplicadas a manufatura celular que se baseia no agrupamento de máquinas. O sucesso da manufatura celular é determinado pela forma em que as peças e máquinas são agrupadas. Dentre esses métodos destaca-se o método visual, método heurístico, classificação por codificação, análise do fluxo da produção (*Production Flow Analysis – PFA*) e (*Product Family Matrix Analysis – PFMA*).

2.4.3 Mapeamento da Situação Atual do Processo Produtivo

Para desenhar o mapa do estado atual de uma família de produtos, conforme a figura 3 é necessário coletar algumas informações da área produtiva como, por exemplo, a demanda dos consumidores, quantidade de colaboradores, *mix* de produtos, quem é o cliente e o fornecedor dentre outras informações.

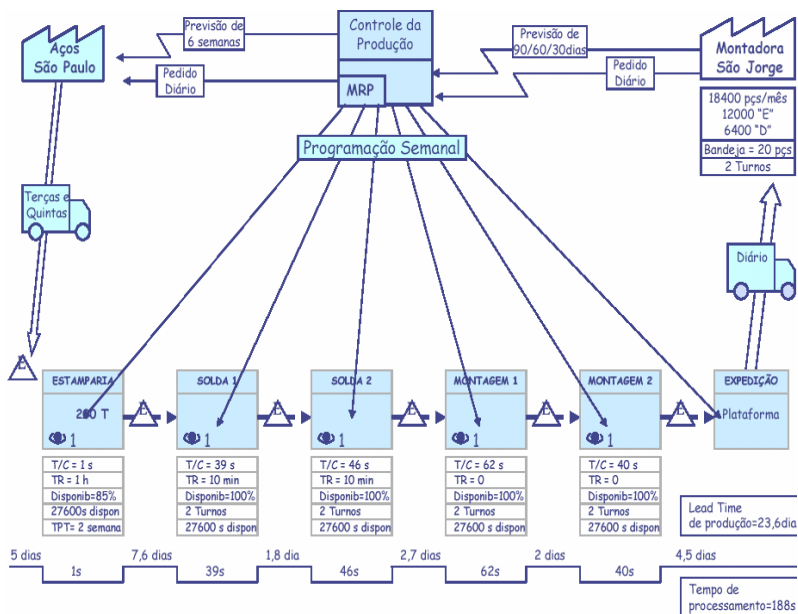


Figura 3 – Mapa de fluxo de valor do estado atual

Fonte: Mike Rother e John Shook (2000).

Após isso, são mapeados os processos produtivos (montagem 1, montagem 2, estamparia, solda etc.) pelos quais a família de produtos pré-selecionada percorre para sofrer as transformações necessárias para o processo seguinte. Cada tipo de processo é identificado e algumas informações básicas sobre este são coletadas e esboçadas no desenho do mapa do estado atual na forma de uma caixa de dados padrão. Esta caixa pode conter as seguintes informações:

- Tempo de ciclo (T/C): frequência com que uma peça ou produto é finalizado por um processo, conforme cronometrado por observação;
- Tempo de troca (TR): tempo que leva para mudar ou alterar o ferramental para a produção de um tipo de produto para outro tipo como, por exemplo, o tempo de troca de ferramentas – *setup*;
- Disponibilidade: tempo disponível por turno de produção descontando-se os tempos de parada e manutenção de máquinas e equipamentos;
- Toda parte Toda (TPT): está ligada ao tamanho do lote. Se a empresa produz seus produtos com frequência de uma semana então o TPT é de uma semana;
- Número de pessoas necessárias no processo.

O passo seguinte é identificar e localizar os estoques de matéria-prima, de produtos acabados e em processo para mensurar a quantidade de peças. Esta quantidade de peças em estoque deve ser revertida em dias ou horas de produção, pois esse fator acarretará no *lead time*, que é o tempo requerido para um produto ou peça movimentar-se por todas as etapas necessárias para o processamento, do início ao fim de sua concepção.

Após ter desenhado o MFV atual, começa-se a pensar no MFV do estado futuro de uma família de produtos, que é o exercício de vislumbrar as melhorias necessárias para aplicar os princípios, técnicas e conceitos do pensamento enxuto a fim de minimizar ou eliminar os desperdícios do sistema produtivo.

2.4.4 Mapeamento da Situação Futura

Para desenhar o mapa do estado futuro de uma família de produtos figura 4, deve-se seguir alguns procedimentos que incluem conceitos e técnicas da Manufatura Enxuta e as informações obtidas a partir do mapa da situação atual.

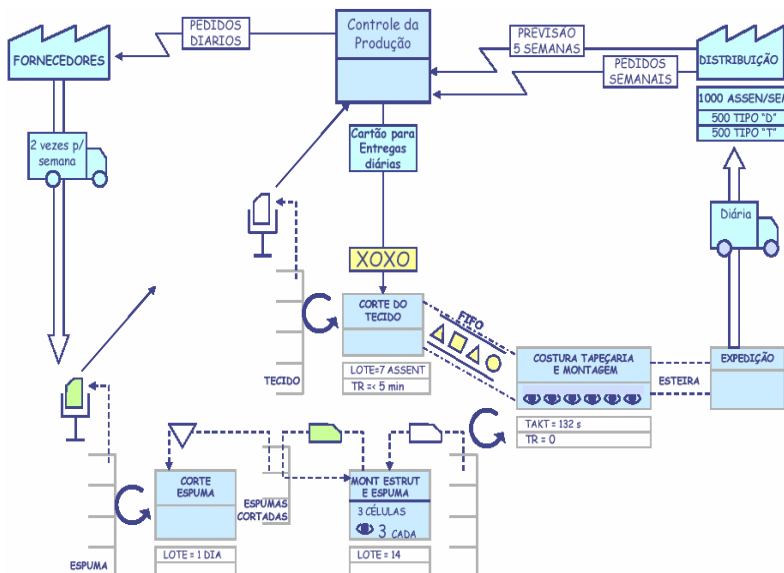


Figura 4 – Mapa de fluxo de valor do estado futuro

Fonte: Mike Rother e John Shook (2000).

Esses procedimentos de acordo com Rother e Shook (2003) são:

Procedimento 1: Produzir de acordo com o takt time:

O *takt time* é a frequência com que deve-se produzir uma peça ou produto baseado no ritmo das vendas para atender à demanda dos clientes. O *takt time* é calculado dividindo-se o tempo (em segundos) disponível de trabalho por turno pelo volume (em unidades) da demanda do cliente por turno, sincronizando assim o ritmo da produção com o ritmo das vendas.

Procedimento 2: Desenvolver um fluxo contínuo onde for possível:

O fluxo contínuo significa produzir uma peça de cada vez, com cada item sendo passado imediatamente de um estágio do processo para o seguinte sem nenhuma parada entre eles. Quanto mais contínuo for o fluxo como um todo, menores serão os desperdícios, pois se reduz a formação de estoques intermediários. No entanto, há situações em que não é possível criar o fluxo contínuo, como na fabricação em grandes lotes, cuja locomoção, *setup* e movimentação são dificultadas.

Procedimento 3: Usar supermercado para controlar a produção onde o fluxo contínuo não se estende aos processos acima:

Quando não é possível criar um fluxo contínuo entre os processos, tenta-se regular este fluxo com o auxílio de alguns conceitos e ferramentas da Manufatura Enxuta (*kanban*, FIFO e supermercado) na tentativa de controlar os níveis de produção e estoque. Entre as razões principais pelas quais não é possível criar o fluxo contínuo, pode-se destacar:

- Alguns processos são projetados para operar em tempos de ciclos muito rápidos ou lentos e necessitam mudar para atender a múltiplas famílias de produtos;
- Estão localizados a certa distância dos processos adjacentes o que dificulta o transporte de uma peça de cada vez;
- Alguns processos têm *lead-time* muito elevado ou não são muito confiáveis para ligarem-se diretamente a outros processos em fluxo contínuo.

A programação destes processos deve, de alguma forma, estar vinculada a demanda dos processos posteriores. Uma maneira de fazer isso é através da utilização dos supermercados de produtos acabados para o processo anterior.

Os supermercados representam um ponto de estoque intermediário que é controlado de acordo com a demanda do processo posterior e anterior, via cartão *kanban*, que determina o local e máquina nos quais serão produzidos os produtos, o destino e a quantidade a ser entregue. Assim, fica determinado um fluxo sincronizado de retirada de matéria-prima ou produto a ser processado, fazendo com que o processo anterior produza de acordo com o que vem sendo consumido.

Procedimento 4: Tentar enviar a programação do cliente para somente um processo de produção:

Através da utilização do sistema puxado com supermercado, geralmente a programação será feita em um único ponto no fluxo de valor. Este ponto será chamado de processo puxador (*pacemaker*), pois a maneira de controlar a produção define o ritmo para todos os processos anteriores. A seleção, desse ponto de programação também determinará quais elementos do fluxo de valor tornam-se parte do *lead time* que vai do pedido do cliente até o produto final. Este ponto pode estar localizado na expedição e, neste caso, o sistema produtivo será do tipo *make-to-stok* (MTS), e o *lead time* de atendimento corresponderá apenas ao tempo de entrega do produto ao cliente.

Procedimento 5: Distribuir a produção de diferentes produtos uniformemente no decorrer do tempo no processo puxador:

A questão de produzir diferentes produtos com os mesmos recursos é de suma importância pelo fato de que, agrupar os mesmos produtos e produzi-los todos de uma vez, dificulta o atendimento dos clientes que querem algo diferente do lote que está sendo produzido. Isso exige que se tenham produtos acabados em estoque na esperança de se ter o que o cliente quer, ou um *lead time* mais longo para atender ao pedido.

A distribuição de diferentes produtos uniformemente ao longo do período de tempo é chamada de nivelamento de *mix*. Por exemplo, ao invés de montar todos os produtos “Tipo A” pela manhã e todos “Tipo B” à tarde, alterna-se repetidamente a produção de itens A e B nos dois turnos em lotes menores, objetivando assim a redução dos estoques, entregas mais frequentes e produção de lotes de peças em menor quantidade.

Procedimento 6: Criar uma puxada inicial com a liberação e retirada de somente um pequeno e uniforme incremento de trabalho no processo puxador:

Este procedimento tem como objetivo estabelecer um ritmo de produção consistente e nivelado que, por sua vez, alerta para eventuais problemas e possibilita que ações corretivas sejam tomadas de maneira rápida.

Procedimento 7: Desenvolver a habilidade de fazer “toda peça todo dia” (TPT) nos processos anteriores ao processo puxador:

Pela redução dos tempos de troca de ferramentas – *setup* – e produzindo lotes menores nos processos anteriores, esses processos serão capazes de responder as mudanças posteriores mais rapidamente requerendo assim menores estoques nos supermercados.

O TPT significa “toda parte todo...” (turno, dia, semana, *takt* etc.). Trata-se da frequência com que o processo deve ser modificado para fazer todas as peças novamente. Como o quinto procedimento, este também visa o nivelamento da produção, porém o foco está nos processos anteriores ao processo puxador e que são controlados por algum supermercado. Diz respeito à programação dos cartões *kanban* e geralmente utiliza um quadro denominado *heijuka box* (quadro de nivelamento de carga), conforme figura 5.

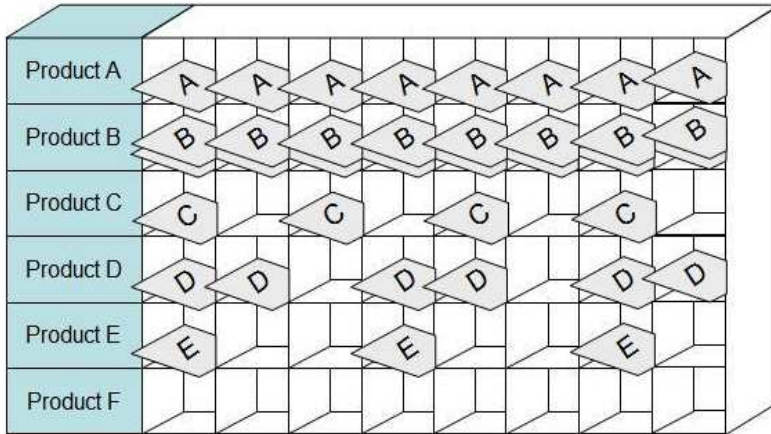


Figura 5 – Heijunka box

Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Heijunka_2.JPG

O quadro de nivelamento de carga possui escaninhos para colocar os cartões *kanban* para cada intervalo de tempo e uma fileira de escaninhos para o *kanban* de cada tipo de produto. Neste sistema o *kanban* indica não só a quantidade a ser produzida, mas também, quanto tempo leva para produzir esta quantidade baseado no *takt time*. Os *kanban* são colocados no quadro de nivelamento de carga na seqüência do *mix* desejado por tipo de produto.

Em suma, o MFV é um recurso simples para esquematizar e retratar o fluxo de informações e materiais para cada tipo de família de produtos. Estas informações são analisadas e reformuladas com base nos conceitos e técnicas da Manufatura Enxuta promovendo uma melhoria no ambiente produtivo. No entanto, o MFV não resolve sozinho todos os problemas de manufatura. É importante dar uma atenção especial ao que se refere ao aspecto físico (*layout*), ou seja, as formas como os recursos produtivos estão organizados.

2.5 ARRANJOS FÍSICOS – LAYOUT

Planejar o *layout* de uma instalação significa tomar decisões sobre a forma como serão dispostos os elementos, recursos, máquinas e equipamentos em um determinado espaço físico. Em todo o

planejamento do *layout* sempre existirá uma preocupação básica: tornar mais fácil e suave à movimentação de pessoas e o transporte de materiais através do sistema produtivo, no intuito de reduzir ou eliminar os desperdícios.

Às vezes a alteração do *layout* de uma indústria é uma atividade difícil de ser realizada, por ter uma longa duração devido às dimensões físicas dos elementos e recursos produtivos. A definição do arranjo físico terá efeitos consideráveis nas operações produtivas, por isso os gerentes não podem errar na tomada de decisões e, frequentemente relutam em fazer alterações. Moreira (1998) cita três motivos que tornam importantes as decisões sobre arranjo físico:

- Eles afetam a capacidade da instalação e a produtividade das operações: uma mudança adequada no arranjo físico pode muitas vezes aumentar a produção que se processa nas instalações, usando os mesmos recursos que antes, exatamente pela racionalização do fluxo de pessoas e/ou materiais;
- Mudanças no arranjo físico podem implicar no dispêndio de consideráveis somas de dinheiro, dependendo da área afetada e das alterações físicas necessárias nas instalações entre outros fatores;
- As mudanças podem representar elevados custos e/ou dificuldades técnicas para futuras revisões; podem ainda causar interrupções indesejáveis no trabalho.

De acordo com Slack *et al* (2002), a maioria dos *layouts* difere em quatro tipos básicos:

- Arranjo físico posicional (*project shop*);
- Arranjo físico por processo (*job shop*);
- Arranjo físico celular;
- Arranjo físico por produto (*flow shop*).

A figura 6 traz uma representação gráfica dos quatro tipos de *layout* mais comumente encontrados nas indústrias.

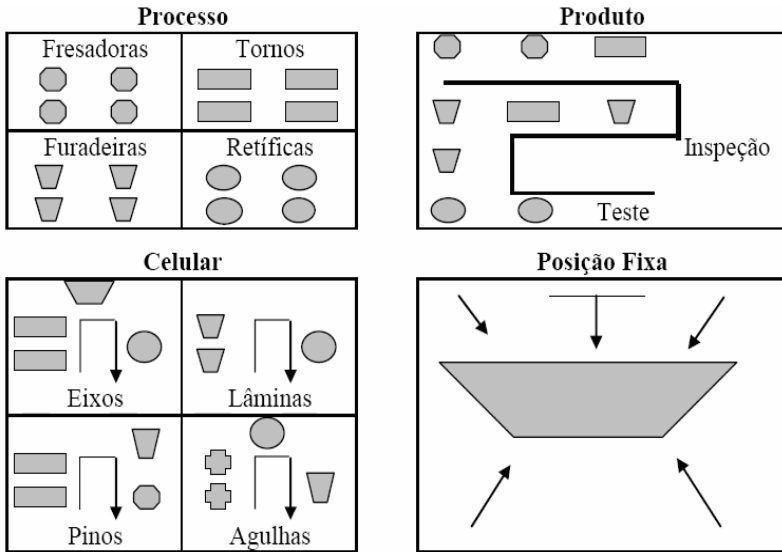


Figura 6 – Tipos de layout

Fonte: Askin e Goldberg (2002).

Neste trabalho será abordado apenas o *layout* celular, que foi aplicado na empresa estudada.

2.5.1 Arranjo Físico Celular

O arranjo físico celular apresenta todos os recursos transformadores (máquinas, ferramentas, dispositivos etc.) agrupados para uma determinada seqüência de operações. Os recursos a serem transformados (matéria-prima, peças e pessoas) percorrem um fluxo contínuo de acordo com as necessidades imediatas de cada processamento ou submontagens, envolvendo a produção de uma peça de cada vez, seqüencialmente e respeitando o tempo de ciclo.

Black (1998) ressalta alguns pontos chaves sobre as células de manufatura:

- As máquinas são dispostas na seqüência do processo;
- A célula é projetada em forma de U;
- Uma peça de cada vez é feita dentro da célula;

- Os trabalhadores são treinados para lidar com mais de um processo;
- O tempo de ciclo para o sistema dita a taxa de produção para a célula;
- Os operadores trabalham de pé e caminhando;
- São usadas máquinas mais lentas e específicas que são menores e mais baratas.

Para obter um arranjo físico celular é necessário que os componentes e peças que compõe os produtos sejam agrupados em famílias de produtos através da aplicação da Tecnologia de Grupo (TG), que é uma ferramenta que explora as características físicas comuns nas peças fabricadas como o tamanho, diâmetro, forma etc.

O objetivo é fazer com que cada família de produtos seja processada em um grupo de máquinas sequenciadas com a mínima interação com os outros grupos de produtos. A formação dessas famílias pode ser arranjada de acordo com o processamento exigido ou com as características do produto. Assim, a célula pode seguir um arranjo físico por produto ou processo.

Lorini (1993) descreve que a organização celular pode ser de quatro formas distintas (figura 7):

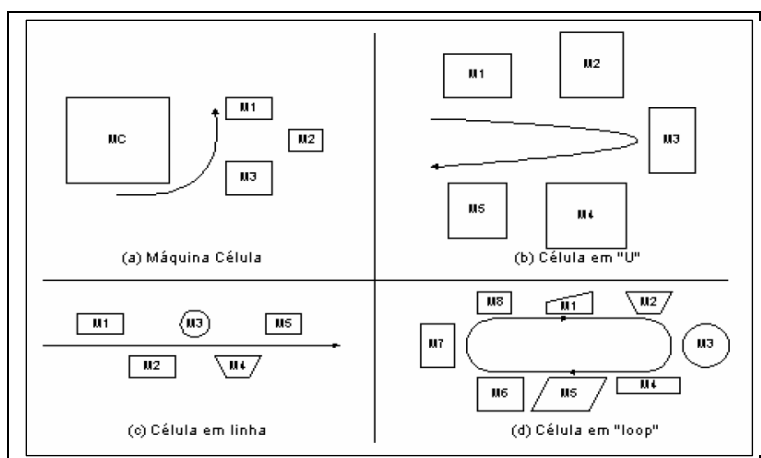


Figura 7 – Tipos de organização celular

Fonte: Lorini (1993).

- **Máquina Célula**: a célula possui somente uma máquina, de grande capacidade produtiva, que pode ser colocada com

outros tipos de máquinas, ou utilizada para a finalização de produção de peças simples;

- Células em “U”: esse arranjo é formado por vários tipos de máquinas de acordo com a seqüência de processamento. A disposição em forma de “U” visa permitir que os trabalhadores se movimentem dentro da área de trabalho, durante o ciclo de fabricação de uma dada peça ou montagem de um componente. As máquinas são normalmente de ciclo único e automático, ou seja, elas podem completar seu ciclo sem cuidados de um operador, desligando-se automaticamente quando terminam um ciclo;
- Célula em “loop”: neste arranjo as máquinas estão interligadas por transporte automático de peças. Assim, dependendo das etapas dos diferentes processos, as peças não passam por todas as máquinas do agrupamento;
- Célula em linha: a disposição das máquinas se dá em forma de linha quando as mesmas são interligadas por transporte automático (correia transportadora ou mono via), obedecendo à ordem de processamento ou montagem dos itens sendo que as peças passam por todas as máquinas do agrupamento.

Segundo Ferreira (1998), o principal critério de projeto do arranjo físico celular, é a flexibilidade nas seguintes áreas:

- Operação de equipamento – troca rápida de ferramentas, sem ajustes e detecção automática de erros;
- *Setup* – quando ocorrem mudanças na produção, deve haver facilidade no *setup* e velocidade para alteração das ferramentas (redução do tempo de *setup*);
- Processos – diferenças nas operações e processo para diferentes tipos de peças, habilidade para lidar com um *mix* variado em tipo, ordem e volume;
- Capacidade ou volume - habilidade de aumentar ou diminuir a produção, em taxa e quantidade (responder *Just-in-Time* à demanda).

2.6 PROCESSOS DE MONTAGEM EM LINHA

Os processos de produção em massa são empregados na fabricação em grande escala de produtos altamente padronizados, onde a

demanda pelos produtos é estável fazendo com que seus projetos tenham poucas alterações no curto prazo, possibilitando a estruturação de linhas cativas de montagem dos mesmos.

A concepção dos processos em linhas de montagens convencionais procura facilitar fluxo de materiais e informações. Neste sentido, os produtos possuem linhas focalizadas de acordo com as famílias, os operadores seguem tempos de ciclo padrões para garantir o ritmo de produção, os estoques de itens são colocados próximo ao local de uso etc. No entanto, o projeto de processo de montagem com desempenho superior em qualidade e produtividade proposto pela filosofia da Manufatura Enxuta, apresentam diferença em relação ao convencional quanto ao formato, tamanho, número de produtos por linha, distribuição de tarefas e sinalizações de auxílio à produção.

Inicialmente, cabe ressaltar duas características associadas aos processos de montagem que fazem com que os processos convencionais possam ser remodelados de forma simples e com ganhos significativos. Primeiramente, grande parte dos processos de montagem faz uso intensivo de mão-de-obra, permitindo que técnicas motivacionais de trabalho em equipe possam ser implementadas. Os investimentos, nesse caso, são muito menores em maquinário e os ganhos potenciais de qualidade e produtividade dos montadores são maiores. Segundo, os processos de montagem são na sua grande maioria os geradores dos estoques por toda a fábrica. O tamanho da linha está associado ao uso intensivo de estoques amortecedores (*buffers*) de componentes dentro da mesma. Uma melhora no desempenho da linha fará com que não só os estoques diretos na linha se reduzam, mas também que os estoques por toda a fábrica sejam solicitados de forma organizada e previsível. Reduzindo a necessidade de *buffers* haverá redução de espaço físico, de tamanhos de lotes e contenedores e aproximará os operadores simplificando a burocracia para administrá-los (TUBINO, 1999).

Convencionalmente, as linhas de montagem são arranjadas de forma retilínea. Esse formato, não é recomendado quando as linhas são muito grandes, pois dificulta as comunicações entre os postos e a supervisão das tarefas, limitando a movimentação dos operadores e o potencial de ajuda mútua entre eles.

Para favorecer o trabalho em grupo e a garantia da qualidade do produto, as linhas de montagem devem dar prioridade ao formato em “L” ou “U” para as pequenas linhas e formato em serpentina (figura 8) para linhas maiores.

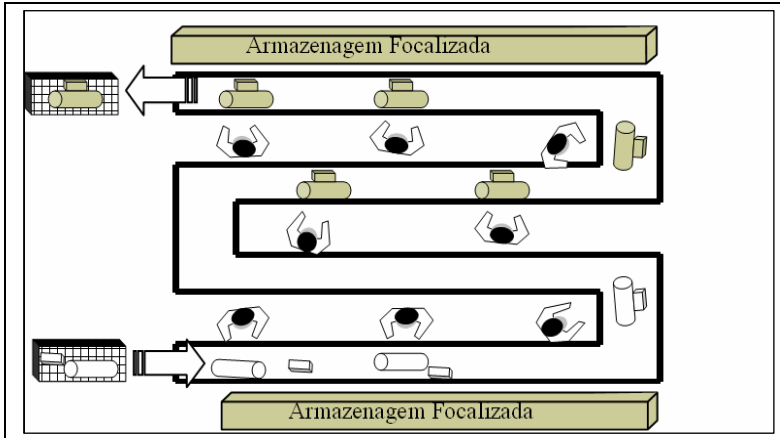


Figura 8 – Linha em serpentina

Fonte: Tubino (1999).

Dentre as vantagens do formato em “U” ou em serpentina podem-se destacar:

- Manutenção de um ritmo de produção pelo sincronismo dos tempos de ciclo dos operadores;
- Flexibilidade na capacidade de produção pela adição ou remoção de operadores;
- Manutenção do padrão individual de operação independente dos tempos de ciclo;
- Facilidade em adequar o formato físico da linha às instalações pela compressão ou expansão da linha;
- Redução das distâncias e custo de retorno dos contenedores, plataformas de montagem vazias para o início da linha;
- Favorecimento da distribuição e movimentação do estoque em processo, que podem ser localizados ao redor da área de montagem, acelerando o fluxo e reduzindo os espaços físicos necessários.

2.7 KAIZEN

Esta ferramenta foi criada no Japão por Ohno e ficou conhecida mundialmente pela sua aplicabilidade e eficiência no STP. *Kaizen* é um

termo em japonês, *Kai* – mudança e *Zen* – bom, que significa mudança para melhor, e pode ser compreendida como melhoria contínua. Sua essência é fundamentada na redução dos desperdícios dos sistemas produtivos com o senso de utilização de soluções baratas e criativas.

Essas soluções são resultados da motivação e da criatividade dos colaboradores para superar os obstáculos, solucionar os problemas, buscando a melhoria da qualidade dos produtos e contribuindo para o crescimento organizacional da empresa. Imai (1996) destaca alguns princípios que servem de base para o *Kaizen*:

- Dar ênfase aos clientes;
- Promover aprimoramentos contínuos;
- Reconhecer os problemas abertamente;
- Promover a abertura;
- Criar equipes de trabalho;
- Gerenciar projetos por intermédio de equipes multifuncionais;
- Nutrir o processo de relacionamento correto;
- Desenvolver a autodisciplina;
- Informar a todos os empregados;
- Capacitar todos os empregados.

Por ser uma filosofia de melhora contínua, pode ser representada pelo ciclo *Deming* – PDCA (figura 9), caracterizado por quatro fases distintas e cíclicas, *Plan*, *Do*, *Check* e *Action* (Planejar – Fazer – Verificar – Agir), sendo compreendido como uma ação contínua onde nunca se obtém um estado perfeito.

Nesta visão, “Planejar” significa definir as metas de melhoria de uma maneira concisa para que as mesmas possam ser atingidas com auxílio de um plano de ações. “Fazer” significa implementar o plano de ações. “Verificar” significa conferir se a implementação trouxe os resultados desejados para melhoria. E “Agir” significa realizar e padronizar os novos procedimentos. Além disso, esta ferramenta faz uso de vários sistemas de gestão como o *Total Productive Maintenance* – TPM, *Just-in-Time* – JIT, *Total Quality Control* - TQC dentre outros.

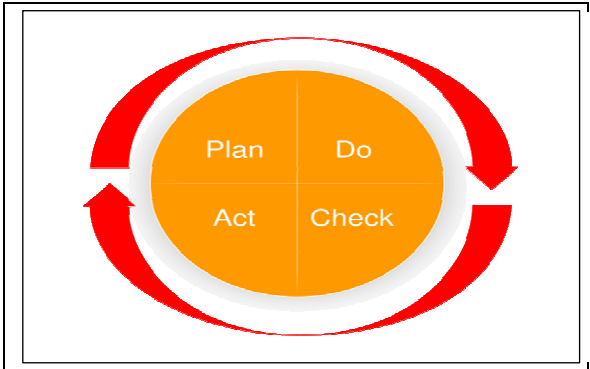


Figura 9 – Ciclo PDCA

Fonte: Tubino (2007).

Um fator importante referente ao *Kaizen* é a senso de trabalho em equipe, que é efetuado através de um conjunto de pessoas de diferentes cargos e áreas organizacionais focando em uma determinada área para atingir as metas pré-estabelecidas. Estas metas podem ter parâmetros de resultados em ganho de produtividade, redução de ocupação, organização, segurança, ergonomia, mão-de-obra, dentre outros.

2.8 BALANCEAMENTO DA CARGA DE TRABALHO

Em qualquer tipo de manufatura, frequentemente se vê pessoas que estão trabalhando adiantado ou atrasado em relação ao ritmo de produção. Ao invés de esperar, o operário trabalha na tarefa seguinte, de forma que a espera não aparece. Se esta situação se repete eventualmente, estoques começam a se acumular no final de uma linha de produção ou entre os postos de trabalho.

Este estoque em excesso tem que ser movimentado ou organizadamente empilhado ao longo da linha de produção. Se estes movimentos são considerados como trabalho, em pouco tempo fica difícil diferenciar desperdícios de trabalho. No Sistema Toyota de Produção, este fenômeno é chamado de desperdício de superprodução, porque ele ajuda a ocultar outros tipos de desperdícios no sistema produtivo (OHNO, 1997).

Para Shingo (1996) balanceamento significa que cada processo tem o mesmo volume de produção e está relacionada de acordo com a

capacidade de processamento. O Diagrama de Balanceamento de Operador (DBO), ferramenta popularmente conhecida como Gráfico de Balanceamento de Operador (GBO), tem a função de solucionar a disparidade dos elementos de trabalho entre os colaboradores, minimizando ou eliminando os estoques entre os processos de produção.

O GBO é um quadro onde está descrita a distribuição de trabalho entre os operadores em relação ao *takt time*. São informações reais do tempo de montagem ou processamento dos elementos de trabalho. Esta ferramenta é quantitativa, simples, visual e tende a eliminar os “chutes” e aproximações nos projetos e operações, pois ajuda a entender, criar, gerenciar e melhorar o fluxo contínuo de materiais (ROTHER e HARRIS, 2002).

No GBO, cada linha horizontal é igual a um segundo e os elementos de trabalho para cada operador são colocados em seqüência ascendente, um sobre o outro. A altura de cada caixa na coluna representa o tempo de cada elemento de trabalho (figura 10).

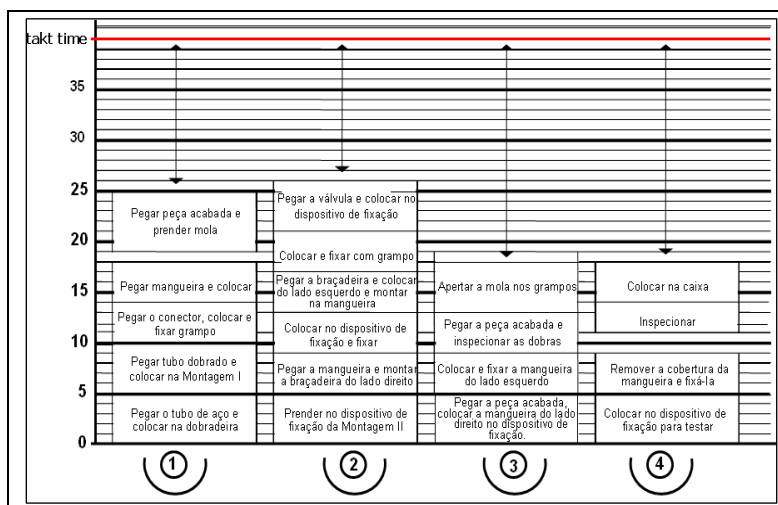


Figura 10 – Diagrama de balanceamento de operador

Fonte: Rother e Harris (2002).

Ghinato (2000) ressalta que na Toyota, o balanceamento das operações está fundamentalmente ligado ao conceito do *takt time*. Na lógica da “produção puxada” pelo cliente, o fornecedor produzirá somente quando houver demanda.

O *takt time* é dado pela seguinte fórmula:

$$Takt = \frac{TempoTotalDisponível}{DemandaDoCliente}$$

Como finalidade, o *takt time* deve representar a taxa real de produtos demandada pelo cliente, ou seja, determina o “ritmo” de produção dos itens ou produtos e não se deve subtrair o tempo de paradas não planejadas das máquinas, troca de ferramentas ou outros problemas recorrentes no sistema produtivo. Porém, eventualmente o volume médio de produção pode alterar. Se o volume cai e é mantido o mesmo número de operadores, a produtividade cai e o potencial para superprodução aumenta. Se o volume aumenta, então o *takt time* diminui, ou seja, a barra do *takt time* se move para baixo, e é necessário adicionar pessoas na linha de produção redistribuindo os elementos de trabalho novamente.

Enfim, no sistema enxuto, para tentar nivelar a carga de trabalho entre os operadores, produzir itens em fluxo contínuo e eliminar o estoque em processo, há a necessidade de se fazer o balanceamento das atividades ou elementos de produção de acordo com o volume da demanda de produtos pelo cliente, o que ditará o ritmo da produção – *takt time*.

3 ELABORAÇÃO DO MÉTODO PARA REESTRUTURAR AS LINHAS DE MONTAGEM DE SUBCONJUNTOS

Este capítulo descreve o método que foi desenvolvido para reestruturar as linhas de montagem de subconjuntos, com a finalidade de melhorar a eficiência operacional pela redução dos desperdícios do sistema produtivo.

A descrição do método visa auxiliar o gerente, coordenadores, líderes de produção e colaboradores a reestruturar as linhas tradicionais de montagem de subconjuntos. Para isso, o método é composto de uma série de ferramentas, conceitos e princípios da filosofia *Lean* indispensáveis no processo da estruturação da gestão para prover a melhoria de um setor.

3.1 PROCEDIMENTOS PARA AS ATIVIDADES DE MUDANÇA NA EMPRESA

O método contempla três pontos chaves para a reestruturação das linhas tradicionais de montagem de subconjuntos: visão macro do setor, análise do estado original da etapa de montagem e/ou fabricação e reestruturação propriamente dita.

3.1.1 Visão Macro do Setor da Empresa

A visão macro do setor consiste em avaliar a empresa num todo com a finalidade de determinar em qual setor dar-se-á a melhoria, levando em consideração os seguintes indicadores de desempenho:

- Qualidade;
- Pontualidade;
- Velocidade;
- Custo;
- Flexibilidade.

Jones e Womak (1998) explicam que sempre existe uma forte razão para motivar a implementação de uma mudança. Assim, na escolha da família de produtos como área piloto, deve-se priorizar uma

unidade com alguma crise a ser vencida. Irani (2004) completa que uma forma de tratar o fluxo de produção com vários tipos de produtos é através do agrupamento dos produtos por família.

Escolhido o setor e a família de produtos, deve-se realizar uma coleta de dados para obter informações como:

- Tempo de ciclo de processamento e setup;
- Quantidade de estoque;
- Número de colaboradores e horas de trabalho;
- Processos de montagem e/ou fabricação dedicados ou não;
- Turnos de trabalho;
- Número de postos;
- Tipos de programação;
- Disponibilidade de equipamentos.

De posse destas informações, será possível desenvolver o mapa de fluxo de valor “macro” para a família do produto selecionada, pois esta poderá ser complexa devido à variedade de peças e processos sendo fabricadas em paralelo.

Ao analisar o mapa de fluxo de valor macro, poderão ser identificados os seguintes aspectos: a natureza do fluxo de produção, se a produção é puxada, empurrada ou via planejamento de recursos de materiais (MRP); se há diversidade ou não quanto à programação da produção, bem como verificar os níveis de estoque em processo, de produtos acabados, de matéria-prima e a forma de armazenamento etc.

Realizado e analisado o mapa de fluxo de valor macro, deve-se escolher qual será a etapa do processo da fabricação e/ou montagem dos produtos (montagem, fabricação, costura, talhação, usinagem etc.) na qual será aplicada a melhoria.

3.1.2 Análise do Estado Original¹ da Etapa de Montagem e/ou Fabricação de uma Empresa

Escolhida a etapa de montagem e/ou fabricação de produtos na qual dar-se-á a melhoria, deve-se elaborar um mapa de fluxo de material e informações do membro desta família que tem a maior volume de produtos solicitados pelo cliente, para verificar quais são os elementos

¹ Mapa do estado original representa as condições de fabricação e/ou montagem dos subconjuntos antes da melhoria.

chaves e críticos que podem acarretar nas ineficiências do sistema produtivo como, por exemplo: tipo de produção, quantidade de estoque, fluxo de informações e materiais na tentativa de minimizar os desperdícios do sistema produtivo. Além deste mapa deve-se realizar uma análise da demanda de todos os membros desta família de produtos.

Concretizada a análise da demanda de produtos, deve-se analisar o fluxo de montagem e/ou fabricação utilizando a técnica do diagrama de espagete², para verificar o caminho percorrido e a quantidade de deslocamento de cada membro da família de produtos obedecendo à seqüência de montagem e/ou fabricação dos mesmos. Em seguida devem-se cronometrar os tempos de montagem e/ou fabricação, de acordo com o formulário demonstrado na tabela 2.

Tabela 2 – Formulário para a cronometragem dos tempos de montagem e/ou fabricação.

Membro	Posto	Operações	Operadores	Tempo de ciclo (segundos)	Tempo Utilizado (segundos)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Valor		
ABC	A	1	OP1													AAV		
		2	OP2												ANVn			
	B	3	OP3															ANV
		4	OP4															
	C	5	OP5															
		6	OP6															
	D	7	OP7															
		8	OP8															
	E	9	OP9															
		10	OP10															
	F	11	OP11															
		12	OP12															

Para obter as informações sobre a cronometragem dos tempos de montagem na etapa selecionada é necessário considerar cada membro da família de produto selecionado, postos de trabalho, quantidade de operadores e seqüência das operações de montagem e/ou fabricação.

As informações registradas nesse formulário fornecem dados para a elaboração dos gráficos de barras. O gráfico é elaborado com base no somatório das operações por operador com base no menor tempo

² Segundo Rother e Shook (2003), diagrama do caminho percorrido por um produto na medida em que ele se movimenta ao longo de um fluxo de valor.

repetido entre as 10 diferentes tomadas de tempo (T1-T10), que permite verificar a disparidade do tempo de ciclo entre os diferentes postos de montagem e/ou fabricação.

Finalizada a análise do fluxo e dos tempos de montagem e/ou fabricação dos subconjuntos, deve-se avaliar os desperdícios do sistema produtivo com a finalidade de focar os esforços para a redução dos mesmos.

Para realizar essa análise, devem-se observar os seguintes procedimentos:

- **Atividades que agregam valor (AAV):** adicionam-se somente os tempos de operações que agregam valor ao produto e compara-se com o tempo total de montagem ($AAV+ANV_n+ANV$) para saber qual é o percentual de valor agregado das AAV;
- **Atividades que não agregam valor, mas necessárias (ANV_n):** adicionam-se somente os tempos de operações que não agregam valor ao produto, mas são necessárias e compara-se com o tempo total de montagem ($AAV+ANV_n+ANV$) para saber qual é o percentual de valor agregado das ANV_n;
- **Atividades que não agregam valor (ANV):** adicionam-se somente os tempos de operações que não agregam valor ao produto e compara-se com o tempo total de montagem ($AAV+ANV_n+ANV$) para saber qual é o percentual de valor agregado das ANV.

3.1.3 Reestruturação da Linha de Montagem e/ou Fabricação de Subconjuntos

A reestruturação da linha tradicional de montagem e/ou fabricação de subconjuntos melhorando a eficiência operacional da mesma inicia com a elaboração do mapa do fluxo de material e informações do estado atual³ da etapa. Tal análise deve ser desenvolvida para o membro da família que tem a maior solicitação de produtos pelo cliente.

³ Mapa do estado atual representa as condições de fabricação e/ou montagem dos subconjuntos após a melhoria.

Na seqüência, deve-se realizar o cálculo do tempo *takt* que relaciona o tempo disponível (T.D.) pela a demanda de produtos (D.P.) conforme a seguinte fórmula:

$$Takt = \frac{T.D.}{D.P.}$$

O tempo *takt* serve como parâmetro para o nivelamento da carga de trabalho entre os colaboradores e permite o balanceamento das atividades ou operações de montagem e/ou fabricação.

Com base nas informações registradas no formulário de cronometragem dos tempos de montagem e/ou fabricação, as atividades que não agregam valor podem ser eliminadas e as que não agregam valor porém necessárias, podem ser minimizadas propiciando assim o fluxo contínuo de montagem e/ou fabricação dos subconjuntos. O balanceamento deve ser realizado conforme a seqüência de montagem e/ou fabricação, quantidade de operadores e de postos, sendo que os resultados deverão ser mostrados em gráficos de barras.

Segundo Shingo (1996, p.157-158), o balanceamento significa que “um processo produz a mesma quantidade do processo precedente [...] os trabalhadores, equipamentos e todos os outros fatores estão organizados para atingir esse fim”.

O balanceamento das atividades deverá ser realizado pela quantidade de operadores e por tipo e quantidade de postos de trabalho por que:

a) Poderão ocorrer situações em que será necessário ter dois operadores trabalhando em um único posto de montagem e/ou fabricação, devido à necessidade da ajuda mútua. Assim, não haverá a definição de qual elemento de trabalho será correspondente para cada operador, sendo que será determinado de acordo com a habilidade de execução das operações;

b) Poderão ocorrer atividades que só podem ser realizadas em determinados postos e que, em alguns casos, o tempo de ciclo para realizar a montagem e/ou fabricação dos produtos excedem o tempo *takt*. Em virtude disso a etapa de montagem e/ou fabricação do produto não será capaz de atender ao cliente no tempo determinado com a quantidade desejada de produtos. Dessa forma é necessário mais postos de trabalho com a mesma função e quantidade de colaboradores para atender à demanda do cliente.

Com as informações obtidas na análise do estado original (*layout*, tempos de cronometragem de cada membro da família de produtos, demanda, seqüência das etapas de montagem e/ou fabricação etc.) e dos dados do estado atual (*takt*, balanceamento e mapa de fluxo de material), deve-se promover a reestruturação da linha de montagem e/ou fabricação. A melhoria da eficiência operacional dar-se-á pela realocação dos recursos produtivos de acordo com a seqüência de montagem e/ou fabricação dos subconjuntos, sendo que os periféricos como, por exemplo, bancadas e mesas, deverão ser dispostos o mais próximo possível da linha principal.

Finalizada a implementação do fluxo de montagem e/ou fabricação e o balanceamento dos operadores, deve-se realizar a análise dos desperdícios do estado atual para avaliar a eficácia da melhoria aplicada.

Estabelecido o novo fluxo de montagem e/ou fabricação e reestruturada a linha, deve-se realizar o treinamento para os colaboradores da etapa de montagem e/ou fabricação dos produtos com ênfase nos seguintes temas:

- Explicar o novo fluxo de montagem e/ ou fabricação do produto;
- Estabelecer a quantidade de colaboradores para desempenhar a montagem e/ou fabricação por membro da família de produto;
- Explanar de forma sucinta os conceitos e técnicas da filosofia *Lean*, objetivando a difusão das mesmas entre os colaboradores;
- Motivar os colaboradores a manter a organização da etapa;
- Sanar possíveis dúvidas dos colaboradores.

Após o treinamento, os trabalhadores colocam em prática a nova forma de fabricar e/ou montar os subconjuntos, avaliando quais as possíveis mudanças e ajustes que poderão ser realizados, como por exemplo: ajustes de dispositivos, melhorar o transporte de produto e a movimentação de pessoas e efetuar o rodízio dos colaboradores nas etapas de montagem e/ou fabricação.

Finalizada a melhoria na etapa selecionada, deve ser realizada uma coleta de dados desta melhoria e uma auditoria do sistema produtivo por um período de 30 dias, para verificar se as metas e os objetivos foram atingidos, considerando:

- Movimentação e transporte;
- Ocupação de área;

- Níveis de produtividade diária;
- Estoque.

A análise destes itens permite comparar os resultados antes e após a melhoria, verificando a eficiência da reestruturação da linha de montagem e/ou fabricação.

Concretizadas as mudanças pela utilização do método para a reestruturação das linhas de montagem e/ou fabricação, deve-se realizar uma apresentação dos resultados para os diretores, gerentes, coordenadores, líderes e colaboradores da empresa para demonstrar os ganhos obtidos na etapa onde elas ocorreram.

Para que a implementação das técnicas, conceitos e ferramentas da Manufatura Enxuta sejam empregados com êxito em um ambiente de produção tradicional é necessário formar equipes comprometidas em provocar e realizar as mudanças visando a melhoria e o aperfeiçoamento do processo.

3.2 GRUPOS PARA REALIZAR A GESTÃO DA MUDANÇA E SUAS ATRIBUIÇÕES

Sabe-se hoje que a Manufatura Enxuta é um sistema de aprimoramento do processo produtivo para garantir um retorno e a sustentabilidade de uma empresa por meio da redução dos desperdícios produtivos como resultados de discussões, planejamento, estratégias de longo, médio e curto prazo elaboradas pelas diferentes equipes que trabalham na melhoria a ser realizada. Tais equipes são denominadas equipe da gestão da mudança, grupo *kaizen* e operadores.

3.2.1 Equipe de Gestão da Mudança

A equipe de gestão da mudança é composta por gerentes e coordenadores da produção. Estes devem definir as linhas mestras de mudança a partir do diagnóstico, estabelecer metas e os objetivos a serem alcançados, dar apoio antes e durante a implementação, realizar o mapeamento do fluxo de valor, definir as semanas *kaizens* a serem realizadas, assegurar diariamente sua continuidade e aperfeiçoamento permanente.

3.2.2 Grupo *Kaizen*

Este grupo é composto por líderes de produção e colaboradores da área onde dar-se-á a mudança. Esses têm a função de liderar e motivar os operadores, analisar o fluxo de valor visando a redução dos desperdícios do sistema produtivo, detalhar os problemas e propor soluções, realizarem o levantamento das ações a serem concretizadas, liderar a implementação e acompanhar as melhorias.

3.2.3 Operadores

O grupo dos operadores é composto por pessoas de diferentes setores (manutenção, instalações, programação, processos etc.) e do próprio setor no qual dar-se-á a mudança. Os integrantes deverão ser deslocados de suas atividades costumeiras para participar integralmente das atividades propostas para a mudança, participando dos treinamentos em que poderão ser abordados os seguintes assuntos:

- Fluxo Contínuo;
- 5's;
- Mapeamento de Fluxo de Valor;
- Kanban;
- Arranjo Físico;
- Manutenção produtiva;
- Heijunka Box;
- Supermercado;
- Gerenciamento visual;
- Autonomia;
- Balanceamento;
- Kaizen.

Após o treinamento, os operadores devem ser informados dos desdobramentos dos problemas de acordo com o plano de ação e são encorajados a buscar soluções para operar as mudanças a serem realizadas.

Para finalizar, é importante destacar que o método para reestruturar as linhas de montagem e/ou fabricação foi desenvolvido para atender às indústrias que se enquadram nas características das empresas tradicionais descritas por Rother e Shook (1998) como

empresas que têm produtos complexos, com grande variedade de peças, processos de produção em paralelo, que fabricam peças com diferentes características de demanda e que compartilham uma mesma linha de produção.

Os pontos chaves para a reestruturação das linhas tradicionais de montagem e/ou fabricação de subconjuntos foram organizados mais detalhadamente no fluxograma que se segue.

3.3 FLUXOGRAMA DO MÉTODO PROPOSTO PARA REESTRUTURAÇÃO DA LINHA DE MONTAGEM DE SUBCONJUNTOS

Com a finalidade de facilitar o entendimento do método proposto, foi elaborado um fluxograma contendo as fases, as etapas e os passos para a sua implementação.

Na figura 11, o fluxograma apresenta-se com seis etapas que as equipes de gestão de mudança, grupo *kaizen* e operadores deverão seguir para realizar a reestruturação das linhas tradicionais de montagem /ou fabricação de subconjuntos.

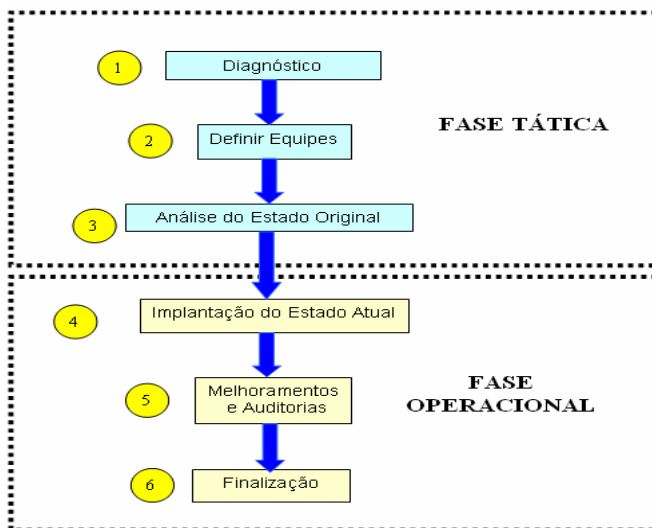


Figura 11 – Fluxograma de implementação do método proposto

O fluxograma proposto divide-se em duas fases. Na fase tática é realizada a análise das estratégias da mudança, estabelecidas as métricas e os objetivos a serem alcançados. Para isso é necessário seguir as etapas de diagnóstico, definição da equipe de gestão da mudança e análise do estado original.

Na fase operacional, ocorre a mudança que contempla a implantação do estado atual, melhoramento e auditorias e finalização.

Pela extensão do método e a divisão do fluxograma proposto, há a necessidade de se subdividir as etapas em “passos” garantindo assim uma melhor compreensão das pessoas ou gestores que poderão utilizá-lo futuramente.

Para realizar a primeira etapa do fluxograma, que corresponde ao diagnóstico na figura 11, deve-se seguir os passos da figura 12.

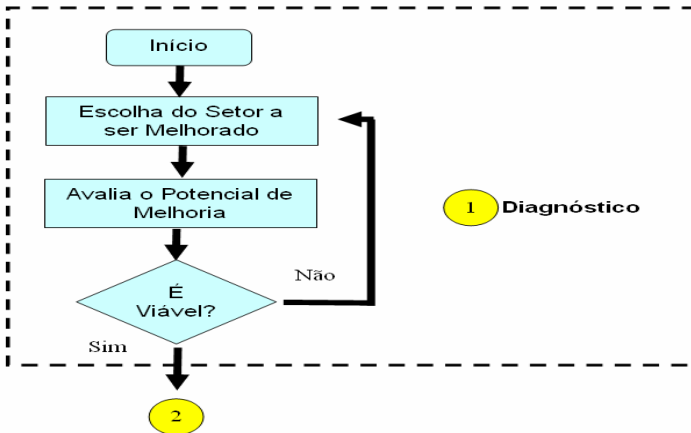


Figura 12 – Passos referente à etapa – Diagnósticos

O primeiro passo da etapa de diagnóstico é a escolha de um setor a ser melhorado para avaliar o potencial da melhoria pela análise dos indicadores de qualidade, pontualidade velocidade, custo e flexibilidade. Caso não seja viável a realização da melhoria no setor escolhido, deve-se retornar à análise de outro setor a ser melhorado.

Na segunda etapa, que corresponde a definir equipes, devem-se seguir os passos de acordo com a figura 13.

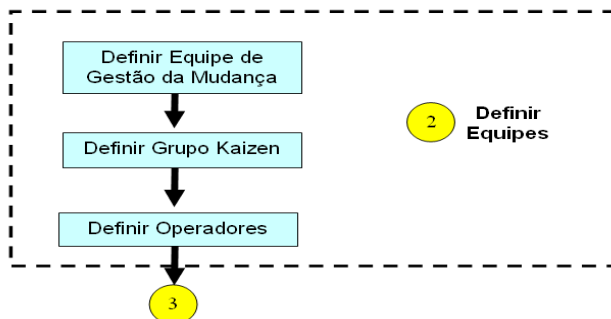


Figura 13 – Passos referente à etapa – Definir Equipes

Nesta etapa, primeiramente deve-se definir a equipe da gestão da mudança, o grupo *kaizen* e os operadores.

A terceira etapa corresponde a análise do estado Original, o qual deve-se obedecer aos passos da figura 14.

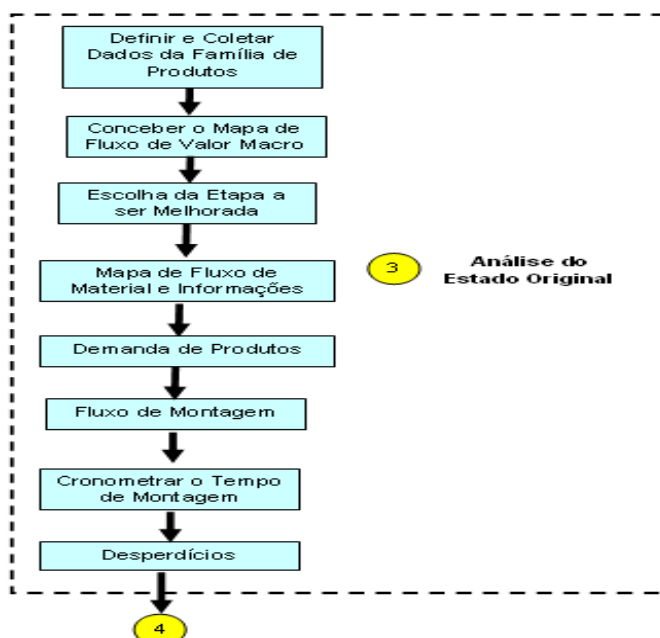


Figura 14 - Passos referente à etapa – Análise do Estado Original

O primeiro passo referente a esta etapa é definir e coletar os dados da família de produtos a ser analisada, com a finalidade de mostrar a natureza do fluxo de produção e informação e observar se tais fluxos têm diversidade ou não quanto à programação de produção. Ainda, devem-se coletar informações dos níveis de estoque em processo, de produtos acabados, de matéria prima, quantidade de pessoas, tempo de ciclo etc. para elaborar o mapa de fluxo de valor do estado macro, que é o segundo passo desta etapa.

O próximo passo é realizar a escolha da etapa a ser reestruturada e em seguida deve-se realizar o mapa de fluxo de material e informações do estado original desta mesma etapa, verificando os elementos chaves e críticos que podem acarretar na ineficiência da etapa produtiva, como por exemplo: equipamentos, estoque em processo, disposição dos recursos produtivos (*layout*), movimentação e transporte e etc. com a finalidade de focar os esforços das equipes para minimizar tais desperdícios. No passo seguinte deve-se realizar uma análise da demanda de produtos. Realizada a análise da demanda de produtos, em seguida deve-se realizar a análise do fluxo de montagem e/ou fabricação – diagrama de espaguete – para verificar o caminho percorrido e a quantidade de deslocamento para cada membro da família de produtos obedecendo a seqüência de montagem e/ou fabricação dos subconjuntos.

Tendo em vista que o método proposto é empregado para melhorar a eficiência operacional das linhas tradicionais de montagem, no próximo passo é necessário cronometrar os tempos de montagem e/ou fabricação com a finalidade de realizar os gráficos de barras para demonstrar a disparidade da carga de trabalho entre os colaboradores que realizam concepção dos componentes e subconjuntos.

Na seqüência, devem-se verificar os desperdícios, observando se as atividades que os colaboradores desempenham estão ou não agregando valor ao produto na ótica do cliente, ou seja, se o cliente deseja ou não pagar por elas, a fim de representar adequadamente o estado original.

O início da quarta etapa corresponde à fase operacional da figura 11, que é caracterizada pela etapa de implementação do estado atual, devem-se seguir os passos de acordo com a figura 15.

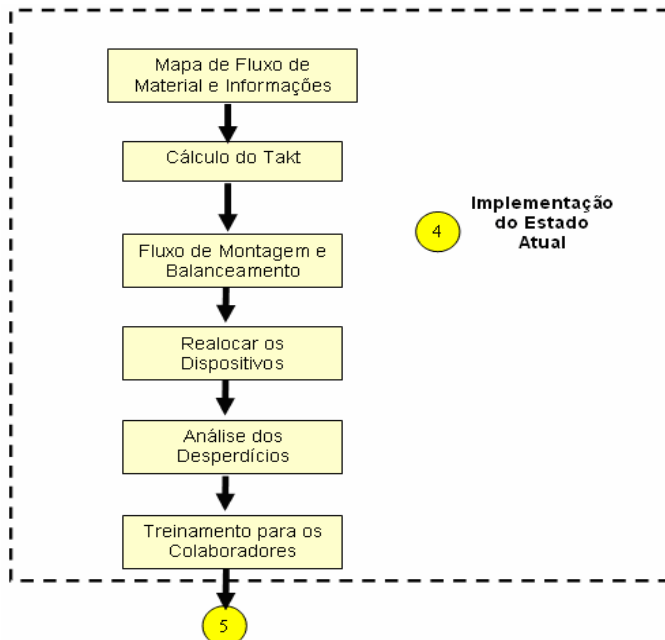


Figura 15 – Passos referente à etapa – Implementação do Estado Atual

Para reestruturar as linhas de montagem de subconjuntos melhorando a eficiência operacional, o primeiro passo desta etapa é realizar o mapa do fluxo de material e informações do estado atual da etapa a ser reestruturada, com a intenção de minimizar os desperdícios do sistema produtivo. Na seqüência, deve-se realizar o cálculo do *takt*. Posteriormente, devem-se balancear as atividades ou operações de montagem e/ou fabricação com base no tempo *takt* pelo uso do gráfico de barras e a análise do fluxo de montagem e/ou fabricação para cada membro da família de produtos a fim de propiciar um fluxo contínuo de montagem e/ou fabricação dos mesmos.

Realizado o balanceamento da carga de trabalho entre os operadores e o fluxo de montagem e/ou fabricação, deve-se realocar os recursos produtivos na seqüência operacional para cada membro da família de produtos. Em seguida, deve-se realizar a análise dos desperdícios para avaliar a eficácia da melhoria bem como treinar os colaboradores da área, demonstrando o novo fluxo de montagem e/ou fabricação dos produtos, sanando as possíveis dúvidas etc.

A quinta etapa corresponde aos melhoramentos e auditorias, e para tanto, deve-se obedecer aos passos da figura 16.

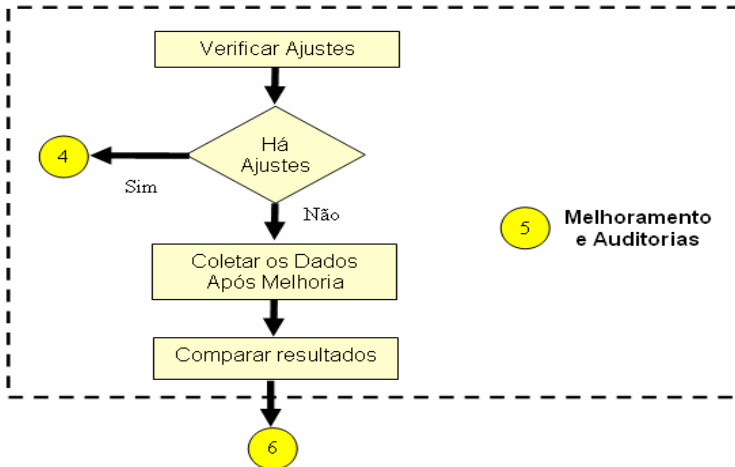


Figura 16 – Passos referente à etapa – Melhoramento e Auditorias

No primeiro passo desta etapa devem-se verificar quais os ajustes que possam vir ou não a ocorrer com base na experiência dos colaboradores ou durante a prática de montagem e/ou fabricação dos subconjuntos. Caso haja algo a ser revisado deve-se refazer a análise criteriosa dos dados desde a quarta etapa (implementação do estado atual) com a finalidade de encontrar o passo falho e realizar os ajustes pertinentes para dar continuidade à reestruturação da linha, do contrário devem-se coletar os dados por um período de 30 dias com a finalidade de realizar um comparativo antes e após a melhoria. Dentre os dados que podem ser coletados, analisados e comparados destaca-se a produtividade diária, quantidade de movimentação, área ocupada, níveis de estoque, valor agregado etc.

A sexta e última etapa do fluxograma corresponde à etapa da finalização, que corresponde a figura 17.

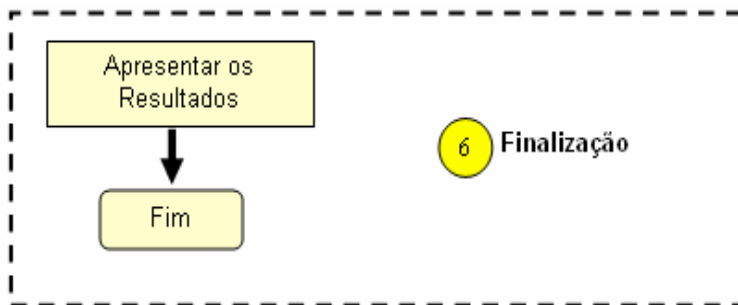


Figura 17 – Passos referente à etapa – Finalização.

Na finalização da reestruturação da linha de montagem e/ou fabricação apresenta-se os resultados alcançados com a melhoria no setor para os gerentes, coordenadores e líderes de produção. Além de informar os resultados, esta apresentação tem a finalidade de encorajar e motivar os gestores dos demais setores da empresa a adotar este sistema de fazer mais e melhor pela utilização dos conceitos, ferramentas, técnicas e princípios da filosofia *Lean*.

Contudo, pode-se verificar que este fluxograma mostra de forma sucinta e sistêmica as etapas e os passos a serem seguidos de acordo com o método para que os gestores de diferentes empresas e áreas usufruam do mesmo para reestruturar linhas tradicionais de montagem e/ou fabricação de subconjuntos, melhorando a eficiência operacional das mesmas pela redução dos desperdícios do sistema produtivo.

Com a finalidade de validar o método desenvolvido e apresentado no presente capítulo, este foi testado em ambiente com a abordagem de Manufatura Enxuta sendo implantada numa empresa que utiliza funcionários com conhecimento em treinamento e implementação das técnicas de gestão *Lean*, sendo tal implementação descrita no capítulo 4.

4 ESTUDO DE CASO COM A IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO EM UMA EMPRESA MONTADORA DE ÔNIBUS

O presente capítulo descreve uma aplicação do método proposto no Capítulo 3 em uma indústria montadora de ônibus. O estudo de caso foi realizado no setor de fabricação de poltronas desta empresa, mais especificamente na etapa de montagem dos subconjuntos.

4.1 VISÃO MACRO DO SETOR DE FABRICAÇÃO DE POLTRONAS

A empresa em estudo possui um grande número de setores organizados em *layout* funcional: fabricação de tampas de bagageiro, fabricação de janelas, fabricação de porta-pacote, fabricação de portas, fabricação de elevadores e fabricação de poltronas.

Para a realização desta dissertação, o estudo de caso foi desenvolvido no setor de fabricação de poltronas, por ser o setor mais importante para a empresa. Este contém o maior fluxo de recursos, materiais e informações e maior número de processos envolvidos para a fabricação e/ou montagem dos subconjuntos conforme a tabela 3.

Tabela 3 – Processos do setor de fabricações

		Setor de Fabricação										% de processos envolvidos
		Áreas de processamento de produtos										
		Pintura	Solda	Prensar	Serras	Espuma	Costura	Tubos	Lixamento	Talhação	Marcenaria	
Subconjuntos	Poltronas	X	X	X	X	X	X	X		X		80%
	Tampas de bagageiro	X	X	X				X				40%
	Janelas	X	X	X								30%
	Porta-pacote			X	X	X	X				X	50%
	Portas	X	X	X	X			X	X			60%
	Elevador	X	X	X	X							40%

A empresa fabrica dois segmentos distintos de poltronas: o urbano e o rodoviário. Para a implementação do método proposto definiu-se pela família de poltronas do segmento urbano, por ser a família de produtos que apresenta maiores possibilidades de melhoria para a empresa.

Definida a família de produtos, realizou-se uma exploração e análise das etapas de processamento dos subconjuntos de poltronas do segmento urbano. Esta fase exploratória propiciou maior familiaridade com o ambiente produtivo e, em virtude disso, foram observados vários problemas recorrentes na montagem e fabricação dos subconjuntos de poltronas, como: falta de fluxo de montagem; elevada quantidade de movimentação de pessoas e transporte de materiais; elevada quantidade de estoque em processo; elevada quantidade de produtos acabados; processos de fabricação não integrados; superprodução; processamentos inadequados; espera; ociosidade de mão-de-obra; falta de organização e identificação dos produtos e outros problemas.

Após a análise deste setor, realizou-se uma coleta de dados desta família de produtos referente aos tipos de membros que a compõem; demanda de produtos; quantidade de estoque; turnos de trabalho; número de colaboradores; horas de trabalho; tempo de ciclo; tipos de processo e disponibilidade dos equipamentos. Com os dados foi desenvolvido o mapa de fluxo de valor “macro” demonstrado no Apêndice A. Tal mapa apresenta grande quantidade de processos, materiais e componentes sendo fabricados em paralelo.

Com o mapa macro, foi possível analisar as seguintes características do sistema produtivo da fabricação de poltronas do segmento urbano:

- O tempo de fabricação de um conjunto é de 503 horas de *lead time*;
- A produção é empurrada;
- Há elevado estoque entre as etapas ou processos de produção;
- O planejamento das ordens de produção é ineficiente onde as mesmas se alternam entre lote e por produto (ônibus) ao longo das etapas dos processos produtivos;
- Há elevada quantidade de peças em estoque e produtos acabados;
- Há alto nível de movimentação de pessoas e transporte de materiais;
- Inexiste um fluxo contínuo de montagem.

O mapeamento do fluxo de valor macro representa os desperdícios do sistema produtivo no setor de fabricação de poltronas do segmento urbano, bem como aponta as etapas de processamento para a fabricação de peças e componentes para a fabricação e montagem dos membros da família em questão.

Considerando que o segmento urbano possui muitas etapas para a fabricação dos subconjuntos, para realizar a melhoria optou-se pela montagem de poltronas, pois esta é a última etapa de fabricação dos subconjuntos antes destes serem encaminhados para o cliente interno Montagem B – ônibus.

4.2 ANÁLISE DO ESTADO ORIGINAL DA ETAPA DE MONTAGEM DE POLTRONAS DO SEGMENTO URBANO

Com o mapa de fluxo de valor macro elaborado passou-se a analisar a etapa de montagem de poltronas do segmento urbano.

4.2.1 Mapa de Fluxo de Materiais e Informações do Estado Original da Etapa de Montagem de Poltronas

Com a finalidade de observar mais cuidadosamente o fluxo de materiais e informações da etapa de montagem das poltronas do segmento urbano, realizou-se um mapa desta etapa que é mostrado no Apêndice B. O mapa mostra os elementos chaves e críticos que podem acarretar na ineficiência do sistema produtivo como por exemplo: estoque de matéria-prima, de produtos acabados e entre os processos de montagem, fluxo de materiais e informações, quantidade de mão-de-obra etc.

4.2.2 Demanda de Produtos do Estado Original

Após a realização dos mapas de fluxo de material e informações macro do setor de fabricação de poltronas e do estado original da etapa de montagem das mesmas, identificou-se a demanda mensal de produtos.

Considerando que existe uma projeção mensal de 6006 subconjuntos de poltronas urbano (286 subconjuntos por dia), devido às ineficiências do sistema produtivos já mencionados, somente 70% da demanda era atendida.

4.2.3 Análise do Fluxo e Tempos de Montagem de Poltronas do Segmento Urbano no Estado Original

Após a análise da demanda de produtos do estado original, realizou-se o estudo do fluxo de montagem, quantidade de postos de trabalho e das operações de montagem, número de operadores, tempo de montagem e do valor agregado ao produto.

Em seguida, elaboraram-se os gráficos de barras para verificar a carga de trabalho entre os colaboradores. Para isso, levou-se em consideração o tempo de ciclo de cada posto de trabalho.

A figura 18 mostra o fluxo de montagem dos subconjuntos de poltronas do membro Urban Wave da família de poltronas do segmento urbano, na cor verde. Para um melhor entendimento da figura 18 as setas contínuas indicam o fluxo do material movimentado pelo operador para o posto seguinte e as setas tracejadas indicam o caminho do retorno do colaborador para o seu posto de trabalho.

Já a tabela 4 informa o membro da família, os postos de trabalho, as operações, a quantidade de operadores, os tempos de montagem e a análise do valor agregado. E, na figura 19 mostra-se o nivelamento da carga de trabalho entre os operadores.

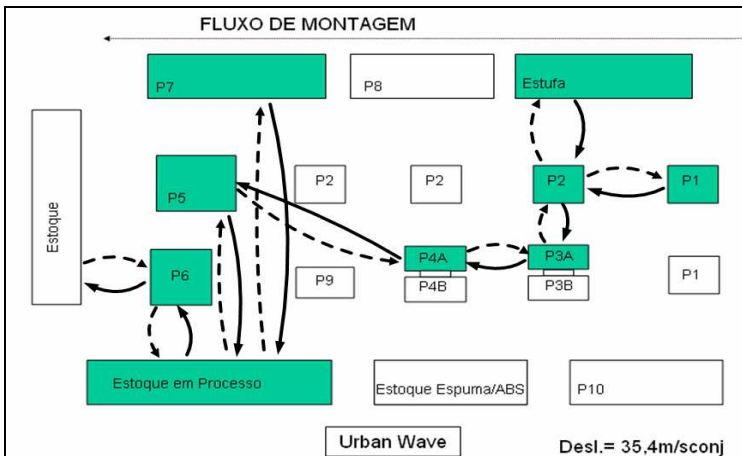


Figura 18 – Fluxo de montagem e transporte dos subconjuntos do membro Urban Wave da família de poltronas do segmento urbano

Fonte: da própria empresa

Tabela 4 – Tempos de montagem dos subconjuntos do membro Urban Wave da família de poltronas do segmento urbano

Membro	Posto	Operações		Operadores	Tempo de Ciclo (segundos)	Menor Tempo Repetido (segundos)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Valor
Urban Wave	P1 (montagem do pega-mão)	1	op1	op2	206	7	7	8	6	7	10	12	9	8	11	10	ANVn
		2	op1	op2		111	110	111	112	108	111	116	119	113	111	118	AAV
		3	op1	op2		15	14	15	17	15	19	27	25	15	15	15	ANVn
		4	op1	op2		64	63	64	64	65	65	65	64	68	69	66	AAV
		5	op1	op2		9	9	9	9	8	9	10	11	9	9	9	ANV
	P2 (ensacar)	6	op3		194	13	13	13	16	16	17	15	14	13	13	14	ANVn
		7	op3			72	72	72	73	77	78	79	74	73	73	72	AAV
		8	op3			15	13	15	16	17	15	14	16	17	16	15	ANVn
		9	op3			82	83	83	87	82	82	83	85	88	90	82	AAV
		10	op3			12	10	9	12	11	12	12	15	12	16	12	ANV
	P3 (grampear superior)	11	op4		159	145	145	145	147	148	145	142	146	145	150	161	AAV
		12	op4			14	13	12	14	17	18	18	14	14	15	14	ANV
	P4 (grampear inferior)	13	op5		160	150	150	150	152	153	155	155	150	154	154	155	AAV
		14	op5			10	10	11	9	8	10	14	16	14	11	10	ANV
	P5 (acabamento traseiro)	15	op6	op7	139	10	10	12	7	10	10	14	16	14	15	8	ANV
		16	op6	op7		116	116	117	115	116	117	119	125	116	118	119	AAV
		17	op6	op7		13	10	15	16	13	13	13	15	16	14	16	ANV
	P6 (montagens do assento e pé)	18	op8	op9	264	36	26	36	30	20	26	28	33	36	37	28	ANVn
		19	op8	op9		43	45	44	43	43	43	48	50	49	43	44	AAV
		20	op8	op9		52	51	52	52	55	58	52	54	54	55	52	AAV
		21	op8	op9		125	123	126	125	125	130	131	132	125	130	123	AAV
		22	op8	op9		18	18	20	22	23	18	16	18	15	20	19	AAV
		23	op8	op9		10	10	9	8	10	17	18	15	15	10	11	ANV
Estdo Original	P7 (grampear assento)	24	op10		83	33	33	34	32	33	36	38	40	34	33	33	ANVn
		25	op10			40	42	44	45	48	40	41	42	46	40	38	AAV
		26	op10			10	9	8	7	10	10	11	15	16	10	13	ANV

Fonte: da própria empresa

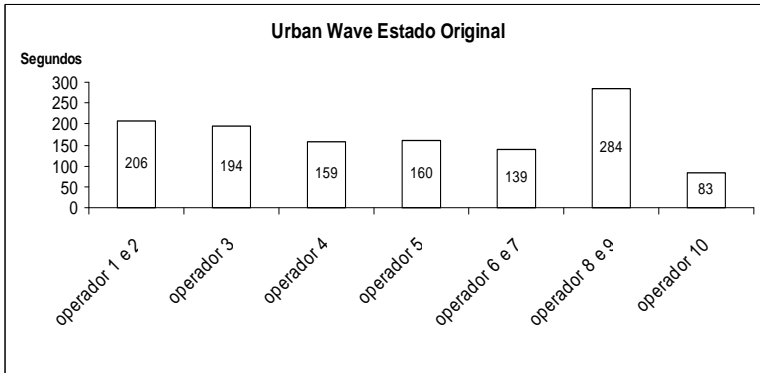


Figura 19 – Balanceamento das operações de montagem por colaborador do membro Urban Wave da família de poltronas do segmento urbano.

Fonte: da própria empresa

Conforme a análise das figuras 18 e 19 e as informações da tabela 4, segue-se uma explicação para o melhor entendimento do fluxo de montagem das poltronas Urban Wave no estado original.

Primeiramente eram realizadas as operações de 1 a 5 (montagem do pega-mão) no posto 1 por dois colaboradores (op1 e op2), devido à necessidade da ajuda mútua, no tempo de 206 segundos. Posteriormente a estrutura era movimentada e fixada no posto 2, onde eram realizadas as operações de 6 a 10 (ensacar) por um terceiro colaborador (op3) no tempo de 194 segundos, logo em seguida, o subconjunto era movimentado até o posto 3 lado A, onde eram realizadas as operações 11 e 12 (grampear superior) por um quarto colaborador (op4) no tempo de 159 segundos. Finalizada esta etapa de montagem, o subconjunto era transportado para o posto 4 lado A para serem realizadas as operações 13 e 14 (grampear inferior) por um quinto colaborador (op5) no tempo de 160 segundos. Em seguida o subconjunto era transportado até o posto 5, onde eram realizadas as operações 15 a 17 (acabamento traseiro) por dois colaboradores (op6 e op7), devido à necessidade da ajuda mútua, no tempo de 139 segundos. Finalizada esta seqüência de montagem, o subconjunto pré-montado no posto 5 mais os itens que eram fabricados no posto 7 pelas operações 24 a 26 (grampear assento) por um décimo colaborador (op10) no tempo de 83 segundos, eram encaminhados para o estoque em processo onde os mesmos permaneciam neste local, até este membro da família de poltrona ser solicitado pelo cliente

Montagem B - ônibus. Após a solicitação pelo cliente, um colaborador (op8 ou op9) deslocava-se até este estoque para pegar o subconjunto pré-montado mais os itens provenientes do posto 7 e findava a montagem do produto realizando as operações 18 a 23 (montagens do assento e pé) no posto 6 no tempo de 284 segundos.

A movimentação de pessoas e o transporte de materiais por subconjunto eram de aproximadamente 35,4 metros.

O estudo do fluxo de montagem, quantidade de postos de trabalho e das operações de montagem, número de operadores, tempo de montagem e do valor agregado ao produto do estado original também foi realizado para os demais membros da família de poltronas do segmento urbano (Urban Freestyle, Urban Relax, Urban Comfort e Urban City), sendo estes descritos no Apêndice C deste trabalho.

De acordo com o *layout* do estado original da etapa de montagem de poltronas do segmento urbano figura 20, a disposição dos postos de trabalho (P1 a P10) não obedece à ordem da seqüência de montagem dos membros desta família de produtos. Os mesmos encontram-se agrupados de acordo com suas funções específicas, acarretando excesso de transporte, movimentação de pessoas e de materiais causando dispêndio no tempo de montagem dos subconjuntos.

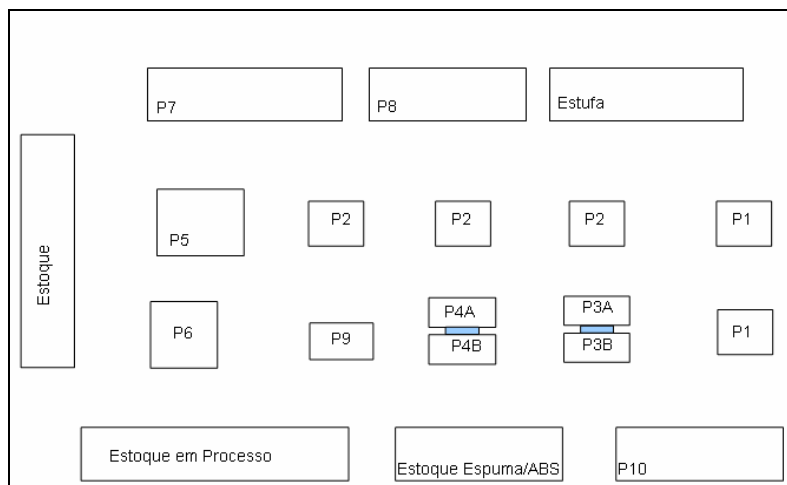


Figura 20 – Layout do estado original da etapa de montagem de poltronas urbano

Fonte: da própria empresa

A falta de balanceamento das operações de trabalho entre os operadores agravava ainda mais a situação, devido ao acúmulo de peças e componentes entre os postos de trabalho, que, por consequência, tornavam-se obstáculos para os colaboradores para realizar o transporte ou a movimentação dos subconjuntos.

4.2.4 Análise dos Desperdícios na Etapa de Montagem dos Subconjuntos de Poltronas

Realizada a análise dos tempos e do fluxo de montagem, analisaram-se os desperdícios da etapa de montagem de poltronas do segmento urbano.

Para verificar os desperdícios do sistema produtivo, foi realizado um comparativo das operações, que agregam valor ao produto (AAV), com as operações ou atividades que não agregam valor ao produto, porém necessárias (ANVn) e com as operações ou atividades que não agregam valor ao produto (ANV), tomando como base os dados das tabelas de cronometragem dos tempos de montagem dos subconjuntos de cada membros da família de poltronas do segmento urbano no estado original. Os resultados estão mostrados na tabela 5 e no gráfico da figura 21.

Tabela 5 – Comparativo do valor agregado do estado original entre os membros da família de poltrona do segmento urbano

VALOR AGREGADO DO ESTADO ORIGINAL							
MEMBRO DA FAMILIA	TEMPO DE MONTAGEM (segundos)				PORCENTAGEM		
	AAV	ANVn	ANV	Total	AAV	ANVn	ANV
Urban Wave	1018	119	88	1225	83%	10%	7%
Urban Free Style	298	45	45	388	77%	12%	12%
Urban Relax	811	153	98	1062	76%	14%	9%
Urban Comfort	1271	167	50	1488	85%	11%	3%
Urban City	826	105	71	1002	82%	10%	7%

Fonte: da própria empresa.

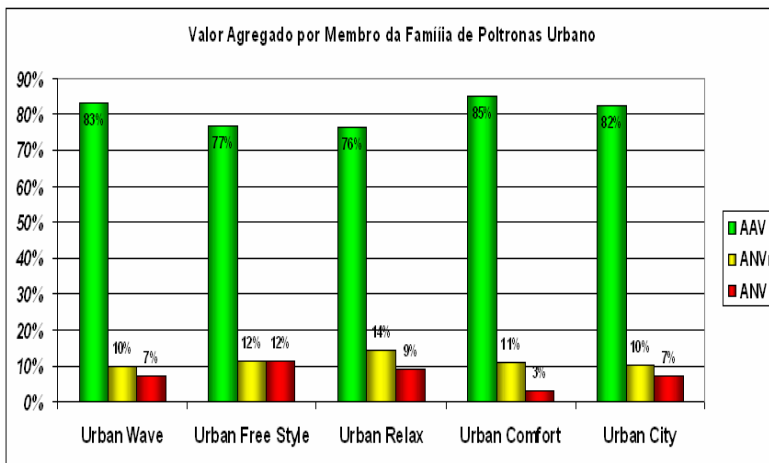


Figura 21 – Comparativo de valor agregado do estado original entre os membros da família de poltrona do segmento urbano

Fonte: da própria empresa

De acordo com o gráfico, verifica-se que as atividades ou operações que agregam valor ao produto (AAV) são atividades ou operações que predominam em relação às operações ou atividades que não agregam valor ao produto, porém necessárias (ANVn) e das atividades ou operações que não agregam valor ao produto (ANV). Isto mostra que há a possibilidade de melhoria da produtividade na linha de montagem de subconjuntos de poltronas, eliminando as ANV e minimizando as ANVn.

4.2.5 Resumo do Sistema Produtivo da Etapa de Montagem de Poltronas no Estado Original

De acordo com as análises dos dados e informações do estado original, verifica-se que o sistema produtivo de um modo geral é ineficiente devido a dois fatores.

O primeiro refere-se à falta de balanceamento da carga de trabalho entre os colaboradores que executam as operações para a montagem dos membros, pois para alguns operadores ocorre à ociosidade da mão-de-obra, com espera de materiais de processos anteriores e, para outros, ocorre sobrecarga de trabalho, pela elevada

quantidade de operações ou atividades que estes devem desempenhar para realizar a montagem dos subconjuntos.

O segundo refere-se à falta de fluxo contínuo de montagem dos subconjuntos, pois a disposição dos recursos produtivos não está organizada de acordo com a seqüência de montagem das poltronas, causando desperdícios na movimentação de pessoas e no transporte de materiais e componentes. Tal ineficiência é também caracterizada pelo fato de existir cinco membros da família de produtos (Urban Wave, Urban Freestyle, Urban Relax, Urban Comfort e Urban City), e que cada um dos membros possui suas peculiaridades quanto aos tipos e quantidade de postos de trabalho e de pessoas para realizar a montagem dos subconjuntos.

Para minimizar tais desperdícios e, assim, aumentar a eficiência operacional da etapa, foi necessário realizar uma reestruturação na linha de montagem de poltronas.

4.3 ELABORAÇÃO, IMPLEMENTAÇÃO E ANÁLISE DO ESTADO ATUAL DA ETAPA DE MONTAGEM DE POLTRONAS DO SEGMENTO URBANO.

Os dados coletados no estado original demonstram a ineficiência do processo produtivo na etapa de montagem de poltronas do segmento urbano. Então, com o propósito resolver os problemas e as ineficiências do estado original, realizou-se uma reestruturação da linha de montagem de acordo com os passos apresentados nos próximos itens.

4.3.1 Mapa de Fluxo de Materiais e Informações do Estado Atual da Etapa de Montagem de Poltronas do Segmento Urbano

Após a análise dos dados do estado original, de acordo com o método proposto no Capítulo 3, realizou-se o mapa do fluxo de material e informações da etapa de montagem de poltronas do segmento urbano do estado atual conforme o Apêndice D.

O mapa do estado atual da etapa de montagem de poltronas do segmento urbano foi elaborado e implementado com a finalidade de reduzir os desperdícios do sistema produtivo. Os produtos passaram a

ser montados em uma linha na qual não há estoque entre os postos de trabalho, obedecendo a um fluxo contínuo de montagem e aplicando-se “FIFO” (o primeiro produto que entra na linha é o primeiro produto que sai).

4.3.2 Cálculo do Tempo *Takt*

Com a finalidade de atender à demanda diária de 286 poltronas, efetuou-se o cálculo do tempo *takt* conforme a solução abaixo.

Takt para 14 ônibus:

16,91h dia de trabalho = 60876 segundos

Mix = 10 “X”(23) + 4 “W”(14)

Mix=286 poltronas

$\text{Tempo Takt} = \frac{\text{Tempo Disponível}}{\text{Demanda}}$
--

Takt= 213 segundos / poltrona

O tempo *takt time* foi utilizado como parâmetro para balancear a carga de trabalho entre os colaboradores com a demanda.

4.3.3 Fluxo de Materiais e Balanceamento das Operações de Montagem no Estado Atual

Após ter realizado o mapa de fluxo de materiais e informações do estado atual da etapa de montagem de poltronas do segmento urbano e o cálculo do *takt*, de acordo com o método proposto no Capítulo 3, realizou-se o balanceamento das operações de montagem dos subconjuntos com a finalidade de implementar o fluxo contínuo.

Para realizar o balanceamento das operações, as atividades que não agregam valor ao produto (ANV) foram eliminadas e as atividades

que não agregam valor ao produto, porém necessárias (ANVn) foram minimizadas conforme a tabela 6, sendo que a distribuição da carga de trabalho entre os colaboradores está mostrada no gráfico da figura 22.

Tabela 6 – Balanceamento dos tempos das operações de montagem do membro Urban Wave da família de poltronas do segmento urbano

Membro	Posto	Operações	Operadores	Tempo de Ciclo (segundos)	Tempo Utilizado (segundos)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Valor	
Urban Wave	P1 (montagem do pega-mão)	1	op1	op2	197	7	Minimizado										ANVn
		2	op1	op2		111	110	111	112	108	111	116	119	113	111	118	AAV
		3	op1	op2		15	Minimizado										ANVn
		4	op1	op2		64	63	64	64	65	65	65	64	68	69	66	AAV
		5	op1	op2		0	Eliminado										ANV
		6	op3			13	Minimizado										ANVn
	P2 (ensacar)	7	op3		182	72	72	72	73	77	78	79	74	73	73	72	AAV
		8	op3			15	Minimizado										ANVn
		9	op3			82	83	83	87	82	83	85	88	90	82	AAV	
		10	op3			0	Eliminado										ANV
	P3 (grampear inferior)	11	op4		145	145	145	147	148	145	142	146	145	160	161	AAV	
		12	op4			0	Eliminado										ANV
	P4 grampear superior	13	op5		150	150	150	150	152	153	155	155	150	154	154	155	AAV
		14	op5			0	Eliminado										ANV
	P9 (acabamento traseiro)	15	op6	op7	116	0	Eliminado										ANV
		16	op6	op7		116	116	117	115	116	117	119	125	116	118	119	AAV
		17	op6	op7		0	Eliminado										ANV
		18	op8	op9		20	Minimizado										ANVn
	P6 + P7 (grampear assento e montagens do assento e pé)	19	op8	op9	(258:2)+55=184	43	45	44	43	43	43	48	50	49	43	44	AAV
		20	op8	op9		52	51	52	52	55	58	52	54	54	55	52	AAV
		21	op8	op9		125	123	126	125	125	130	131	132	125	130	123	AAV
		22	op8	op9		18	18	20	22	23	18	16	18	15	20	19	AAV
		23	op10	op11		0	Eliminado										ANV
		24	op10	op11		15	Minimizado										ANVn
		25	op10	op11		40	42	44	45	48	40	41	42	46	40	38	AAV
		26	op10	op11		0	Eliminado										ANV
Estado Atual																	

Fonte: da própria empresa

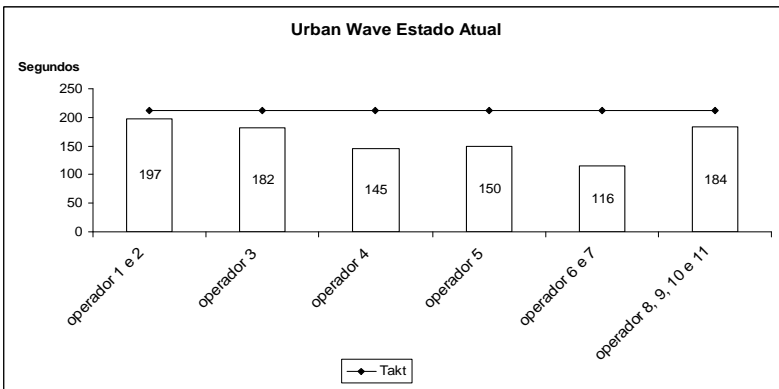


Figura 22 – Balanceamento da carga de trabalho por operador do membro Urban Wave da família de poltronas do segmento urbano

Fonte: da própria empresa

Com base nos conceitos do fluxo contínuo de materiais, o *layout* da etapa de montagem de poltronas do segmento urbano foi reestruturado atendendo as especificidades quanto ao tipo e quantidade de postos de trabalho e quantidade de operadores para a montagem de cada membro da família de produtos.

A figura 23 mostra o *layout* desta da etapa e o fluxo de montagem específico, na cor verde, para membro Urban Wave da família de poltronas do segmento urbano.

Para um melhor entendimento da figura 23 as setas contínuas indicam o fluxo do material movimentado pelo operador para o posto seguinte e as setas tracejadas indicam o caminho do retorno do colaborador para o seu posto de trabalho.

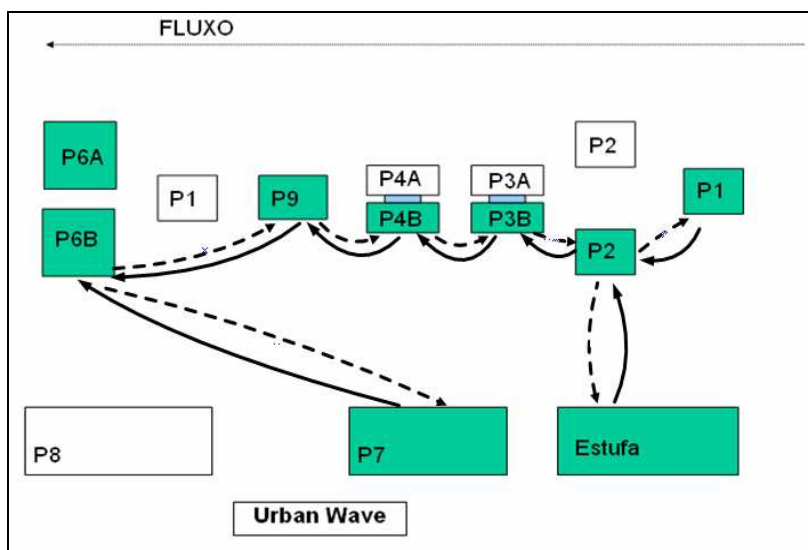


Figura 23 – Layout da etapa de montagem de poltronas do segmento urbano e fluxo de montagem do membro Urban Wave da família de poltronas do segmento urbano

Fonte: da própria empresa

Conforme a tabela 6 as operações 5, 10, 12, 14, 15, 17, 23 e 26 foram eliminadas, pois as mesmas não agregam valor ao produto (ANV) e as atividades 1, 3, 6, 8, 18 e 24 foram minimizadas, pois as mesmas são atividades que não agregam valor, porém necessárias (ANVn).

O primeiro posto de montagem dos subconjuntos de poltrona para este membro é o posto 1. Neste, são realizadas as operações de 1 a 4 (montagem do pega-mão), no tempo de 197 segundos por dois colaboradores (op1 e op2), devido à necessidade da ajuda entre ambos. Finalizada as operações neste posto, o subconjunto é movimentado até posto 2 onde são realizadas as operações 6 a 9 (ensacar) por um terceiro colaborador (op3) no tempo de 182 segundos. Na seqüência, o subconjunto é movimentado para o posto 3 lado B, onde a atividade 11 (grampear inferior) é realizada por um quarto colaborador (op4) no tempo de 145 segundos e, em seguida, o subconjunto é transportado para o posto 4 lado B, onde é desempenhada a atividade 13 (grampear superior) pelo quinto colaborador (op5) no tempo de 150 segundos. Finalizada a montagem neste posto de trabalho, o subconjunto é transportado até o posto 9 onde é realizada a operação 16 (acabamento traseiro), no tempo de 116 segundos, por dois colaboradores (op6 e op7), devido à necessidade da ajuda entre ambos. Finalizada as operações neste posto, o subconjunto é movimentado para um dos dois postos 6 lado A ou B, dependendo de qual posto estiver livre. Nestes postos são realizadas as operações 18 a 22 (montagens do assento e pé) por quatro colaboradores (op8, op9, op10 e op11), sendo que uma dupla executa as operações no posto 6 lado A e a outra no posto 6 lado B, no tempo de 129 segundos. A necessidade de se ter dois postos 6 é pelo fato de que a soma do tempo total de processamento das operações 18 a 22 é de 258 segundos, que extrapola o tempo *takt* em 45 segundos, tornando-se um tempo considerável para a montagem dos subconjuntos e que pode acarretar problemas no fluxo de montagem, bem como no desempenho da produtividade. Utilizando-se dois postos para realizar tais operações, o tempo para o balanceamento das operações é reduzido pela metade, isto é, 129 segundos, ficando este abaixo do tempo *takt* de 213 segundos.

No posto 7 são montados dois itens que são agregados no subconjunto pela realização das operações 24 e 25 (grampear assento) no tempo de 55 segundos por item. Tendo em vista a ociosidade de mão-de-obra dos colaboradores (op8, op9, op10 e op11), as operações que são realizadas no posto 7, também são efetuadas pelas mesmas duplas que trabalham nos postos 6, sendo as operações dos dois postos alternadas pelas mesmas duplas, ou seja, uma dupla estará desempenhando as operações no posto 6, depois estará desempenhando as operações no posto 7, o que dependerá da agilidade dos montadores em finalizar a montagem do subconjunto. Diante disso, o somatório dos

tempos dos balanceamentos das operações 18 a 22 (montagens do assento e pé), 24 e 25 (grampear assento) é de 184 segundos por colaborador, ficando abaixo do tempo *takt* conforme a figura 22.

Estão descritas no Apêndice E deste trabalho as demais propostas implementadas do fluxo e tempos de montagem para os demais membros da família de poltronas do segmento urbano (Urban Freestyle, Urban Relax, Urban Comfort e Urban City) no estado atual.

Observando os gráficos do balanceamento dos operadores, a carga de trabalho entre os mesmos não ficou completamente nivelada, havendo uma pequena disparidade de trabalho entre os operadores, pelo fato de que as operações só podem ser realizadas nos postos afins. Tal fato não compromete a demanda de produtos, pois quase todos os tempos de ciclo dos postos, com exceção de um caso, permaneceram abaixo do tempo *takt*.

Pode-se verificar ainda que, conforme a figura 24 houve uma redução significativa nos tempos de montagem do estado atual (T.M.E. Atual) em relação aos tempos de montagem do estado original (T.M.E. Original), pelo fato de terem sido eliminados as ANV e minimizado as ANVn.

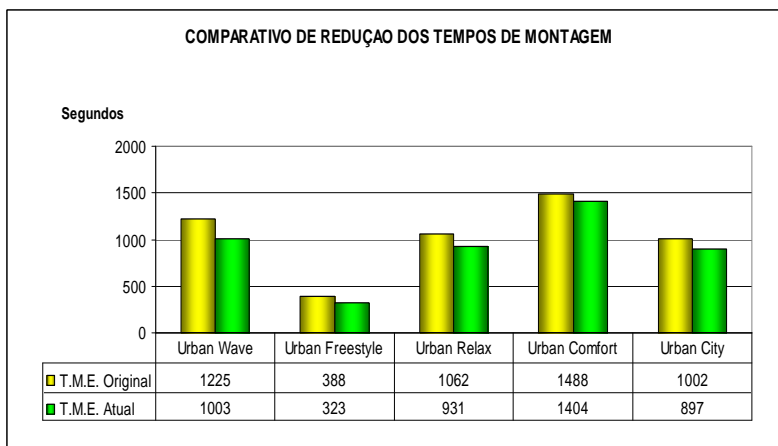


Figura 24 – Comparativo de redução dos tempos de montagem das poltronas

No que se refere à solução projetada e implementada para o fluxo de montagem dos membros da família de poltronas do segmento urbano, na tabela 7 apresenta-se um comparativo da movimentação em metros

por membro da família de produtos antes e após a implementação da melhoria.

Tabela 7 – Redução de movimentação

Redução de Movimentação (metros)					
Membro	Estado Original	Estado Atual	Redução	Porcentagem	% Média
Urban Wave	35,4	15	20,4	58%	67%
Urban Freestyle	14,6	2,5	12,1	83%	
Urban Relax	43,7	13	30,7	70%	
Urban Comfort	32,8	14	18,8	57%	
Urban City	39,8	14	25,8	65%	

Pode-se observar que antes de ser realizada a melhoria, havia um grande deslocamento e uma considerável disparidade de movimentação por tipo de membro da família de poltronas do segmento urbano, em decorrência da falta de organização dos postos de trabalho.

Com a finalidade de promover o fluxo contínuo de montagem a linha foi reestruturada de acordo com a seqüência de montagem de cada membro da família de poltrona do segmento urbano, diminuindo significativamente o transporte dos subconjuntos e a movimentação dos colaboradores.

Tal solução foi viável devido ao fácil *setup* dos postos de trabalho, pois à medida que a montagem de um conjunto de poltronas vai sendo finalizada, outro novo conjunto pode ser iniciado, devido à simplicidade em ajustar os postos, produzindo assim subconjuntos de poltronas em processo contínuo.

4.3.4 Análise dos Desperdícios na Montagem no Estado Atual

Finalizada a implementação do fluxo de montagem e o balanceamento da carga de trabalho dos operadores, o próximo passo de acordo como método proposto, consiste na realização de uma análise dos desperdícios na etapa de montagem de poltronas do segmento urbano no estado atual para avaliar a eficácia da melhoria realizada.

Para tanto, levou-se em consideração as informações das tabelas de cronometragem de cada membro da família de poltronas do segmento urbano no estado atual, sendo que os resultados estão mostrados na tabela 8 e na figura 25.

Tabela 8 – Comparativo de valor agregado entre os membros da família de poltronas do segmento urbano após melhoria

VALOR AGREGADO DO ESTADO ATUAL							
MEMBRO DA FAMILIA	TEMPO (segundos)				PORCENTAGEM		
	AAV	ANVn	ANV	Total	AAV	ANVn	ANV
Urban Wave	1018	85	0	1103	92%	8%	0%
Urban Freestyle	298	25	0	323	92%	8%	0%
Urban Relax	811	120	0	931	87%	13%	0%
Urban Comfort	1271	133	0	1404	91%	9%	0%
Urban City	826	71	0	897	92%	8%	0%

Fonte: da própria empresa

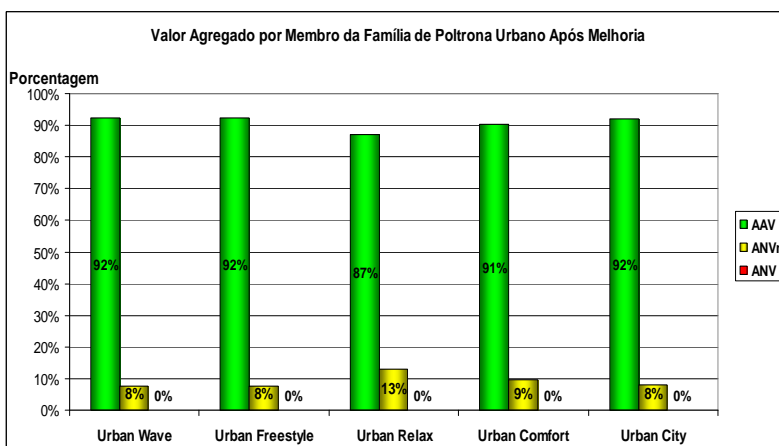


Figura 25 – Valor agregado por membro da família de poltronas do segmento urbano após melhoria

Fonte: da própria empresa

De acordo com a figura 25, verifica-se que as atividades ou operações que agregam valor ao produto (AAV) são atividades ou operações que predominam em relação às operações ou atividades que não agregam valor ao produto, porém são necessárias (ANVn) o que mostra que a implementação da melhoria, aplicando-se o método proposto, reduziu os desperdícios do sistema produtivo, agregando-se assim um maior valor ao produto na ótica do cliente e do colaborador.

4.3.5 Treinamento para os Colaboradores

Realizada a reestruturação da nova linha de montagem, os colaboradores receberam treinamento sobre a nova forma de montagem dos subconjuntos de poltronas do segmento urbano. Tal treinamento abordou os seguintes assuntos:

- Os conceitos e técnicas da filosofia *Lean*, objetivando a difusão das mesmas entre os colaboradores;
- O novo fluxo de montagem e a quantidade de pessoas por posto de trabalho;
- Motivação para promover a melhoria contínua;
- Sanar possíveis dúvidas dos colaboradores.

O treinamento foi realizado com a finalidade de mostrar e conscientizar os colaboradores da etapa de montagem de poltrona que a reestruturação da linha de montagem é melhor e mais eficaz que a antiga organização dos postos de trabalho, trazendo assim benefícios para os mesmos, como por exemplo, a multifuncionalidade, a redução de movimentação de peças e subconjuntos entre outros.

4.3.6 Verificação de Possíveis Ajustes

Finalizado o treinamento para os colaboradores, na seqüência do método proposto, colocou-se em prática a nova forma de montar os subconjuntos, verificando-se quais as possíveis mudanças e ajustes que ainda deveriam ser realizados para garantir a demanda de produtos pelo cliente e o fluxo contínuo de montagem dos subconjuntos, como por exemplo: melhorar as prateleiras de peças e componentes, orientar os colaboradores na execução das operações de montagem, incentivar o rodízio dos colaboradores nos postos e dispositivos para aprimorar a multifuncionalidade dos mesmos etc.

4.3.7 Melhorias e Auditorias

Finalizada a reestruturação da linha de montagem de subconjuntos, realizou-se o registro da produtividade diária da etapa de montagem de poltronas do segmento por um período de 30 dias, para verificar os níveis de produção conforme a tabela 9.

Tabela 9 - Registro de acompanhamento da produtividade após melhoria

ACOMPANHAMENTO DA PRODUÇÃO	
Nome do resp.: Gustavo	Mês: Março
Turno: 1 e 2	Área ou setor: Poltronas
Dia	Produção Diária
1	13
2	13
3	13
4	14
5	14
6	14
7	13
8	14
9	14
10	13
11	14
12	14
13	14
14	14
15	13
16	13
17	14
18	13
19	14
20	14
21	13
22	14
23	13
24	14
25	14
26	14
27	14
28	14
29	14
30	14

Fonte: da própria empresa

Esclarecidas as dúvidas dos colaboradores e solucionados os problemas na etapa de montagem de poltronas do segmento urbano, realizou-se uma apresentação para os diretores, gerentes, coordenadores, monitores e colaboradores da empresa para mostrar os ganhos obtidos após a reestruturação da linha de montagem de subconjuntos.

Também foram explanados os conceitos, as técnicas, as ferramentas e os princípios da filosofia *Lean* que foram utilizados para a realização da melhoria na etapa de montagem de poltronas do segmento urbano.

Vale ressaltar aqui que, além destes ganhos, outros são apresentados no Capítulo 5.

4.3.8 Resumo do Sistema Produtivo da Etapa de Montagem e/ou Fabricação no Estado Atual

Realizada a reestruturação da linha tradicional de montagem de subconjuntos com a finalidade de melhorar a eficiência operacional pela utilização do método proposto, foi possível mensurar alguns resultados positivos como, por exemplo, o nivelamento da carga de trabalho entre os operadores, o fluxo contínuo de montagem das poltronas, o aumento e a estabilização da produtividade, a redução do estoque em processo, redução do *lead time* etc.

No entanto, pode-se dizer que ainda há muito que ser melhorado nesta etapa de montagem de poltronas do segmento urbano com a finalidade de minimizar ainda mais o espaço da área produtiva, o transporte de materiais e a movimentação de pessoas através de pequenos ajustes nos postos de trabalho.

O Tópico 4.5 apresenta uma proposta de melhorias futuras aplicando o mesmo método do Capítulo 3 sobre a situação atual, com o objetivo de aumentar ainda mais a eficiência operacional pela redução dos desperdícios remanescentes.

4.4 GESTÃO DA MUDANÇA

Para realizar a reestruturação da linha de montagem de subconjuntos de poltronas do segmento urbano, é necessário empregar os conceitos, princípios e ferramentas da filosofia *Lean*, visando à redução dos desperdícios na etapa de montagem dos subconjuntos.

Para tanto, métricas são estabelecidas como resultado de discussões, planejamento, estratégias de longo, médio e curto prazo e as mesmas são elaborados pelas diferentes equipes que trabalham no planejamento e na realização da melhoria.

4.4.1 Equipe da Gestão de Mudança

A equipe de gestão da mudança foi composta por gerentes e coordenadores da produção. Estes definiram as seguintes linhas mestras de mudança a partir da análise do estado original traçando-se os seguintes objetivos:

- Aumentar a produtividade em 75% (de 8 para 14 ônibus diários);
- Atendimento de 100% da demanda diária;
- Introduzir fluxo contínuo na etapa de montagem;
- Reduzir em 70% do estoque em processo na etapa de montagem de poltronas do segmento urbano;
- Trabalho padronizado;
- Gráfico de Balanceamento de Operadores (GBO);
- Melhoria em ergonomia;
- Melhoria em segurança;
- Melhoria em 5'S;
- Treinamento motivacional e fluxo de montagem.

4.4.2 Grupo *Kaizen*

O grupo *Kaizen* foi composto por líderes de produção e colaboradores da área onde foi realizada a mudança a partir do plano de ação conforme a tabela 10.

Tabela 10 – Ações de melhoria realizadas no setor de montagem

PLANO DE AÇÕES			
1	Área com pouca iluminação	25	Identificar armários
2	Demarcar faixas de corredor	26	Identificar estufa
3	Demarcar área de segregação	27	Identificar tanque de solvente
4	Demarcar área de bancadas	28	Organizar ferramentas no armário
5	Construir quadro de sequenciamento	29	Pintar gabaritos
6	Arrumar base das bancadas	30	Fazer armário para objetos pessoais
7	Pintar bancadas	31	Fazer gabaritos de madeira
8	Arrumar suporte de ferramentas	32	Comprar ferramentas
9	Arrumar ventilador	33	Colocar Balancim
10	Pintar proteção do almox	34	Verificar documentação das ferramentas
11	Construir armário de ferramentas	35	Verificar ajuste dos gabaritos
12	Tirar bancada - G10.	36	Reforma de carrinho de transporte
13	Matéria prima espalhada sem identificação	37	Confeccionar nova estufa
14	Pintar tubulação de ar	38	Trocar rodas dos carrinhos
15	Excesso de espuma	39	Demolir parede
16	Arrumar proteção do rebolo	40	Cálculo do Takt
17	Arrumar caixa de refrigeração	41	Fazer apresentação
18	Instalação elétrica do rebolo inadequado	42	Cronometrar o tempo de montagem
19	Instalação elétrica da estufa inadequado	43	Fazer o GBO
20	Posicionar tubulação de ar	44	Estudo do Layout
21	Entrada e saída do setor obstruído	45	Treinamento para os colaboradores
22	Material inflamável perto de fonte de energia	46	Fazer pasta com códigos de materiais
23	Identificar bancadas	47	Fazer prateleira para peças compradas
24	Identificar prateleiras	48	confeccionar armário para vassouras

Fonte: da própria empresa

Após ter identificado todas as ações, realizou-se uma reunião no setor da implementação da melhoria para apresentar a todos os colaboradores do setor de montagem das poltronas as ações que a equipe de operadores desempenharia.

A reunião também oportunizou debater possíveis sugestões de melhoria, bem como promover a integração da equipe *kaizen* com a equipe dos operadores.

4.4.3 Os Operadores

O grupo de operadores foi formado por pessoas de diferentes áreas da fábrica (manutenção, instalações, programação, processos etc.) e do próprio setor onde foi realizada a mudança. Os operadores foram deslocados de suas tarefas costumeiras para não perderem o foco central da implementação da filosofia da Manufatura Enxuta e doar-se completamente durante as atividades, obtendo assim uma maior agilidade no cumprimento do plano das ações.

Os colaboradores receberam treinamento sobre as ferramentas, técnicas e conceitos *Lean* oportunizando-os conhecimentos sobre o modo, a seqüência das etapas de montagem dos componentes e a percepção das ineficiências ou dos desperdícios existentes no sistema produtivo como, por exemplo: estoque de produtos acabados e em processo, movimentação de pessoas e transporte de materiais, espera etc.

Dentre os conceitos e técnicas da Manufatura Enxuta que os integrantes da equipe foram treinados destacam-se:

- Fluxo contínuo;
- GBO;
- 5's;
- Takt;
- Mapeamento do Fluxo de Valor;
- Arranjo Físico.

Realizado o treinamento, os operadores foram motivados a buscar soluções para concretizar o plano de ação que foi apresentado pelo grupo *Kaizen*. Na seqüência os operadores foram separados em equipes para dar maior agilidade na execução das mesmas.

4.5 PROPOSTA DE UMA FUTURA LINHA DE MONTAGEM DE SUBCONJUNTOS

As melhorias que ocorrem nos sistemas de produção de um modo geral são projetadas de acordo com as necessidades de médio e longo prazo, pois são elaboradas de acordo com a previsão da demanda correspondente a este período através da pesquisa de mercado.

É por este raciocínio que este trabalho contém este tópico, ou seja, propor uma forma de aumentar a eficiência da linha de montagem

da família de poltronas do segmento urbano pela busca de soluções criativas, simples e baratas.

4.5.1 Proposta de Reestruturação da Linha de Montagem de Subconjuntos de Poltronas do Segmento Urbano do Estado Atual para um Estado Futuro

Para realizar a montagem das poltronas nos postos de trabalho é necessário o uso de dispositivos (gabarito de montagem) que auxiliam os operadores na execução das operações de montagem dos subconjuntos sendo estes acoplados nos dispositivos. Tais dispositivos são denominados de gabaritos fixos, pois estão fixados no piso da fábrica conforme mostrado na figura 26.



Figura 26 – Gabarito fixo - montagem do pega-mão

Fonte: da própria empresa

Pelo fato dos dispositivos serem fixos no piso da fábrica, verifica-se que alguns postos de trabalho encontram-se fora de uso quando um

determinado membro da família de produtos está sendo montado acarretando assim um excesso de transporte dos subconjuntos, pois cada membro da família de poltrona tem suas peculiaridades quanto aos tipos e quantidade de dispositivos para ser realizada a montagem dos mesmos.

Com a finalidade de minimizar o transporte dos subconjuntos entre os dispositivos inativos pela aproximação dos mesmos, foi proposto para os gestores da área em transformar os dispositivos fixos em móveis, pelo uso de rodas ou rodízios, conforme a figura 27, tornando o *layout* da etapa de montagem de poltronas em um *layout* flexível.

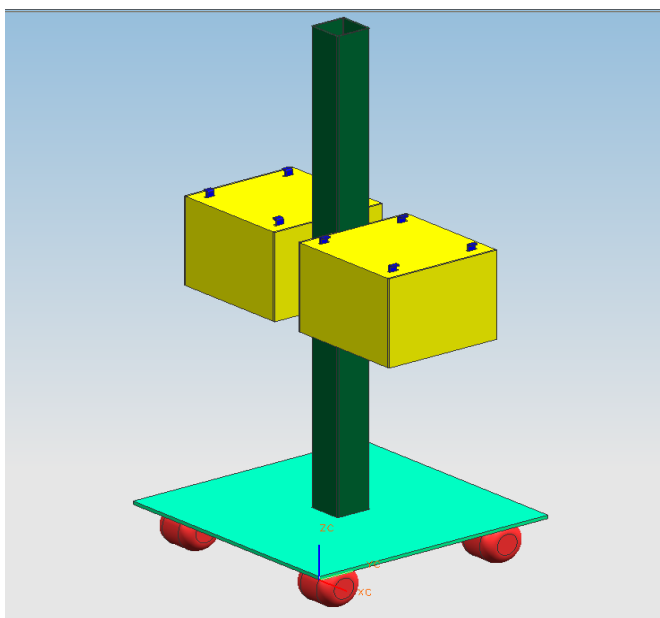


Figura 27 – Dispositivo com rodízios - grampear superior e inferior

Estima-se que o tempo para realizar a reorganização dos elementos produtivos será de 3 minutos. Esse tempo é relativamente baixo considerando que: (a) em todos os postos só há a necessidade da rede pneumática para dar potência às ferramentas que os operadores usam para realizar a montagem dos produtos. Como os dispositivos já possuem este sistema de engate fácil, entre o gabarito e a rede pneumática, os colaboradores levam segundos para realizar a conexão das ferramentas com a rede pneumática; (b) como cada membro da

família de poltrona do segmento urbano tem uma determinada quantidade de operadores, e esta quantidade está atrelada à quantidade e ao tipo de posto de trabalho conforme o balanceamento das operações no estado atual, cada funcionário ficará responsável em realocar o seu dispositivo de acordo com a seqüência de montagem do membro a ser montado.

A freqüência da reorganização da linha dar-se-á de acordo a necessidade de produtos demandada pelo cliente interno (Montagem B – ônibus), bem como a seqüência de montagem dos subconjuntos. Tendo em vista a produção em fluxo contínuo unitário, a média de 20 subconjuntos de poltronas do segmento urbano por produto, o tempo *takt* de 213 segundos e a média de 4 dispositivos necessários para produzi-los, conclui-se que a cada 5112 segundos (1h: 42 min), conforme a solução abaixo, a linha poderá ser reorganizada caso haja a necessidade de montagem de um novo elemento.

$$\begin{aligned} \text{Tempo de freqüência de setup} = \\ [(213 \times 20) + (4 \times 213)] = 5112 \text{ min} \end{aligned}$$

Devido às peculiaridades para realizar a montagem dos subconjuntos no que se refere à disposição dos elementos produtivos, quantidade de operadores e o tempo de ciclo por posto, no próximo tópico será apresentada à proposta do *layout* flexível para cada membro da família de poltrona do segmento urbano a ser montado.

4.5.2 Proposta do *Layout* Flexível

O arranjo físico da etapa de montagem de poltronas pode ser caracterizado como um *layout* flexível, devido à facilidade de reorganizar a linha de produção de acordo com o membro da família de poltronas a ser montado.

Tendo em vista a presença de 5 membros distintos e que cada membro possui suas particularidades quanto à montagem dos subconjuntos quantidade e tipo de posto, a figura 28 mostra a combinação dos possíveis postos onde os dispositivos deverão estar localizados para realizar a montagem dos subconjuntos.

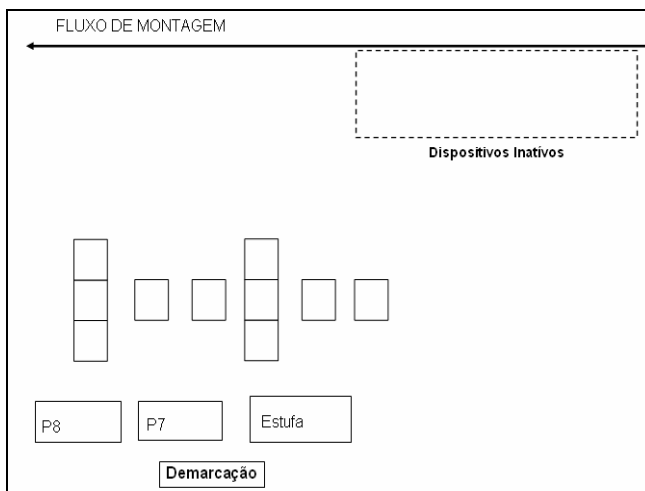


Figura 28 – Demarcação da combinação do *layout* no piso na fábrica

Tal combinação deverá ser pintada no piso da fábrica e servirá como elemento orientativo para os colaboradores na realocação dos dispositivos.

No entanto, vale ressaltar três pontos importantes: (a) em determinadas circunstâncias haverá dispositivos que não serão necessários para a montagem dos membros, sendo estes inativos. Para que não ocorra transtorno na movimentação de pessoas e no transporte de materiais e subconjuntos, estes deverão ser movimentados para uma área específica dentro do setor de montagem de poltronas denominada de Dispositivos Inativos. (b) existem na etapa de montagem dois postos de trabalho fixos (8 e 9) que não pertencem à linha principal de montagem dos subconjuntos. (c) os postos (2 e 6) são móveis e há uma duplicidade deles, ou seja, há dois postos 2 e dois postos 6, sendo que, de acordo com o tipo de membro a ser montado, há a necessidade de ter-se somente um posto 2 e dois postos 6, ou somente um posto 6 e nenhum posto 2 ou, dois postos 6 e dois postos 2. No caso de algum dispositivo se tornar inativo, este deverá ser encaminhado para a área de Dispositivo Inativos para que não ocorra excesso de movimentação de pessoas e transporte dos subconjuntos.

Para mostrar a proposta do *layout* flexível segue-se uma explanação das cinco combinações possíveis de dispositivos, sendo que a seqüência operacional refere-se às informações das tabelas e das figuras (gráficos) do estado atual.

A figura 29 mostra a proposta do *layout* flexível, na cor verde, para a montagem do membro da família de poltrona urbano Urban Wave.

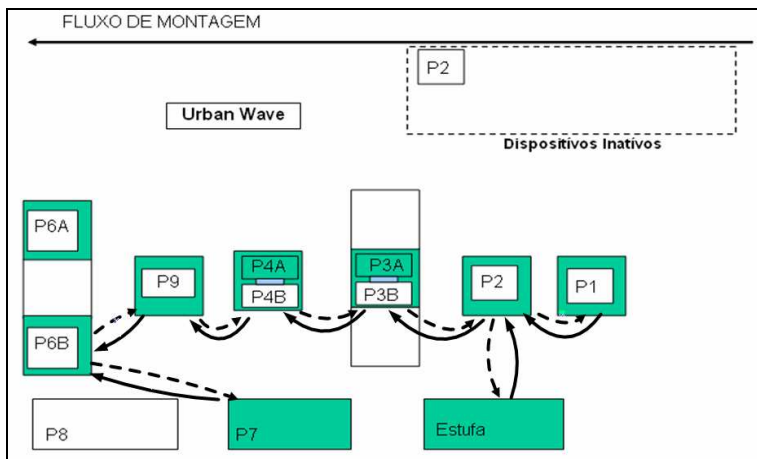


Figura 29 – Proposta do *layout* e do fluxo de montagem para o membro Urban Wave da família de poltronas do segmento urbano

Conforme a proposta do *layout* flexível para a montagem do membro Urban Wave, o primeiro posto para a montagem deste membro será o posto 1, onde serão executadas as atividades 1 a 4 (montagem do pega-mão) por dois colaboradores, devido à necessidade da ajuda mútua. Na seqüência, o subconjunto deverá ser movimentado para o posto 2, onde serão realizadas as operações 6 a 9 (ensacar) por um terceiro operador. Em seguida o subconjunto deverá ser transportado para o próximo posto 3 lado B, onde será realizada a operação 11 (grampear inferior) por um quarto colaborado. Finalizado a montagem neste posto o subconjunto deverá ser encaminhado para o posto 4 lado B, onde será realizada a operação 13 (grampear superior) por um quinto colaborador. Na seqüência a estrutura deverá ser transportada para o posto 9, onde será realizada a operação 16 (acabamento traseiro) por outros dois colaboradores devido à necessidade da ajuda mútua.

Finalizada as operações neste posto, o subconjunto deverá ser movimentado para um dos dois postos 6 lado A ou B, dependendo de qual posto estiver livre para receber o subconjunto proveniente do posto 9. Nestes postos serão realizadas as operações 18 a 22 (montagens do

assento e pé) por quatro colaboradores, sendo uma dupla no posto 6 lado A e a outra no posto 6 lado B.

No posto 7 serão montados dois itens que serão agregados no subconjunto pela realização das operações 24 e 25 (grampear assento), sendo que as mesmas também serão efetuadas pelas mesmas duplas que trabalham nos postos 6. Deste modo as duplas realizarão suas atividades alternando-se entre os postos, ou seja, uma dupla estará desempenhando as operações no posto 6 enquanto a outra estará no posto 7.

Como há duplicidade nos postos 2, um destes deverá ser encaminhado para a área de Dispositivos Inativos para que não ocorra excesso de movimentação de pessoas e transporte dos subconjuntos.

Vale ressaltar que os postos 3 lado A e 4 lado A são dispositivos inativos para a montagem para este membro da família de poltronas. No entanto, como estes estão fixos no dispositivo 3 lado B e 4 lado B, não podem ser movimentados para a área de Dispositivos Inativos. Tal fato não acarreta transtornos na movimentação de pessoas e no transporte de materiais ao longo da linha de montagem.

A figura 30 mostra a proposta do *layout* flexível, na cor marrom, para a montagem do membro da família de poltrona urbano Urban Freestyle.

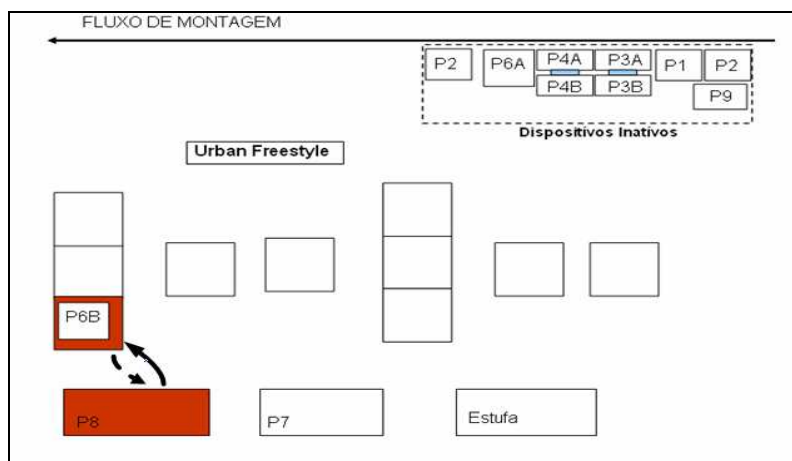


Figura 30 – Proposta do *layout* e do fluxo de montagem para o membro Urban Freestyle da família de poltronas do segmento urbano.

Conforme a proposta do *layout* flexível para a montagem do membro Urban Freestyle, o primeiro posto para a montagem deste

membro será o posto fixo 8, onde serão executadas as operações 2 e 3 (pré-montagem da poltrona) por dois colaboradores devido à necessidade da ajuda mútua. Na seqüência, o subconjunto deverá ser movimentado para o posto 6 lado B, onde serão realizadas as operações 6 a 11 (montagem do pé) por dois outros colaboradores finalizando o fluxo de montagem para este membro.

Como há sete dispositivos inativos P1, P2, P2, P6 lado A, P4, P3 e P9 estes deverão ser encaminhados para a área de Dispositivos Inativos para que não ocorra excesso de movimentação e transporte dos subconjuntos.

A figura 31 mostra a proposta do *layout* flexível, na cor laranja, para a montagem do membro da família de poltrona urbano Urban Relax.

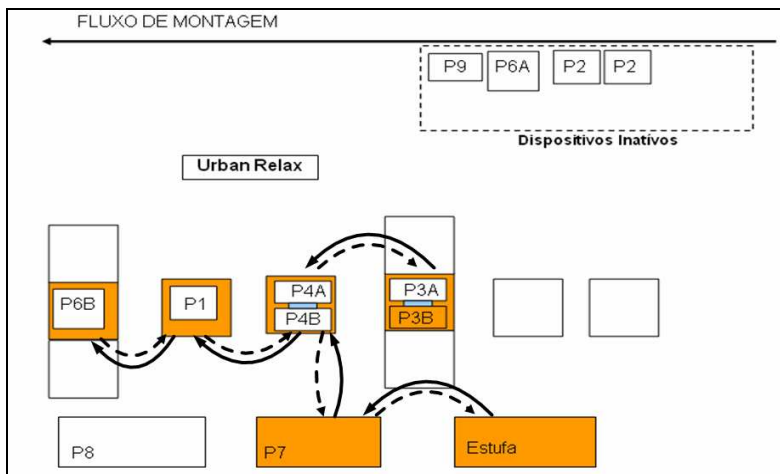


Figura 31 – Proposta do *layout* para o membro Urban Relax família de poltronas do segmento urbano.

Conforme a proposta do *layout* flexível para a montagem do membro Urban Relax, o primeiro posto para a montagem deste membro será o posto 3 lado A, onde serão executadas as operações de 1 a 4 (preparação para montagem) por um colaborador. Finalizada esta etapa, o subconjunto é encaminhado para o posto 4 lado A, onde deverão ser realizadas as operações 7 e 8 (fixar assento) por um segundo colaborador. Na seqüência, a estrutura é enviada para o posto 4 lado B, onde as operações 10 e 11 (fixar encosto) serão realizadas por um

terceiro colaborador. Em seguida o subconjunto deverá ser transportado para o posto 1, onde serão desempenhadas as operações 14 e 15 (montagem do pega-mão) por uma dupla de colaboradores devido à necessidade da ajuda mútua. Em seguida, o subconjunto deverá ser transportado para o posto 6 lado B, onde serão efetuadas as operações de 17 a 20 (montagem do pé) por uma segunda dupla.

No posto fixo 7 serão montados dois itens que serão acoplados nos subconjuntos pela realização das operações 22 e 23 (grampear encosto e assento) por um oitavo colaborador. Finalizadas as tarefas neste posto, os itens deverão ser enviados para o posto 4 lado B ou lado B, onde os mesmos serão montados na estrutura.

Como há cinco dispositivos inativos, P9, P6 lado A, P2, P2, e P1, estes deverão ser encaminhados para a área de Dispositivos Inativos para que não ocorra excesso de movimentação de pessoas e transporte dos subconjuntos.

A figura 32 mostra a proposta do *layout* flexível, na cor vermelha, para a montagem do membro da família de poltrona urbano Urban Comfort.

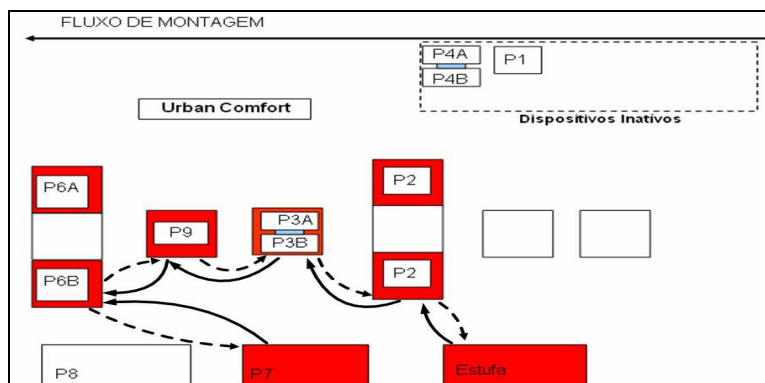


Figura 32 – Proposta do *layout* e fluxo de montagem para o membro Urban Comfort família de poltronas do segmento urbano.

Conforme a proposta do *layout* flexível para a montagem do membro Urban Comfort, os dois primeiros postos para a montagem deste membro serão os postos 2, onde deverão ser executadas as operações de 1 a 5 (ensacar) por dois colaboradores sendo um em cada posto. Finalizada esta etapa, o subconjunto deverá ser enviado para o posto 3 lado A ou lado B, conforme disponibilidade. Nestes postos serão

realizadas as operações 7 a 10 (grampear superior) por dois colaboradores, sendo um colaborador em cada posto. Findada a montagem neste posto, a estrutura será transportada até o posto 9, onde será efetuada a operação 12 (acabamento traseiro) por um quinto colaborador.

Em seguida, o subconjunto deverá ser movimentado para um dos dois postos 6 lado A ou B, dependendo de qual posto estiver livre para recebê-lo. Nestes postos serão realizadas as operações 14 a 18 (montagem do pé e assento) por quatro colaboradores, sendo que uma dupla executa as operações no posto 6 lado A e a outra no lado B.

No posto fixo 7 serão montados dois itens que serão acoplados no subconjunto pela realização das operações 20 e 21 (grampear assento) por um décimo colaborador. Finalizadas as tarefas neste posto, os itens deverão ser enviados para o posto 6 lado B ou lado A, onde os mesmos serão montados na estrutura, finalizando assim o processo de montagem para este membro de poltrona.

Como há dois dispositivos inativos, P1 e P4, estes deverão ser encaminhados para a área de Dispositivos Inativos para que não ocorra excesso de movimentação de pessoas e transporte dos subconjuntos.

A figura 33 mostra a proposta do *layout* flexível, na cor amarela, para a montagem do membro da família de poltrona urbano Urban City.

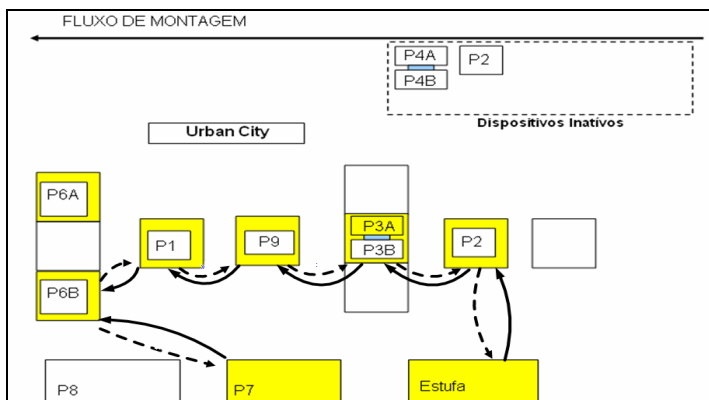


Figura 33 – Proposta do *layout* e fluxo de montagem para o membro Urban City família de poltronas do segmento urbano.

Conforme a proposta do *layout* flexível para a montagem do membro Urban City, o primeiro posto para a montagem deste membro deverá ser o posto 2, onde serão executadas as operações de 1 a 3

(ensacar) por um colaborador. Em seguida, o subconjunto deverá ser transportado para o posto 3 lado B, onde será executada a operação 5 (grampear superior) por um segundo colaborador. Na seqüência, a estrutura será encaminhada para o posto 9 onde a operação 7 (acabamento traseiro) deverá ser realizada por dois colaboradores devido à necessidade da ajuda mútua. Em seguida o subconjunto é transportado para o posto 1, onde as operações 9 e 10 (montagem do pega-mão) deverão ser executadas por dois colaboradores.

Finalizadas as operações neste posto, o subconjunto deverá ser movimentado para o lado livre (A ou B) do posto 6. Nestes postos serão realizadas as operações 11 a 15 (montagem do assento e do pé) por quatro colaboradores, sendo que uma dupla trabalhará no lado A e a outra no lado B.

No posto 7 serão montados dois itens que são agregados no subconjunto pela realização das operações 17 e 18 (grampear assento), sendo que as mesmas também serão efetuadas pelas mesmas duplas que trabalharão nos postos 6. Deste modo as duplas realizarão suas atividades alternando os postos, ou seja, uma dupla estará desempenhando as operações no posto 6 enquanto a outra no posto 7.

Como há dois diapositivos inativos, P1 e P4, estes deverão ser encaminhados para a área de Dispositivos Inativos para que não ocorra excesso de movimentação e transporte dos subconjuntos.

4.5.3 Resumo da Proposta do *Layout* Flexível

Pela simples adequação dos postos de trabalho alguns benefícios podem ser mencionados como, por exemplo, a redução da área produtiva, a redução de movimentação de pessoas e o transporte de materiais e subconjuntos, bem como ganhos em ergonomia devido à proximidade dos postos de trabalho etc. Como na empresa estudada há diferentes membros na etapa de montagem de poltronas que passam por diferentes operações e postos, a aplicação de um sistema com *layout* flexível facilita a adequação dos recursos produtivos (dispositivos) de acordo com a necessidade de montagem dos subconjuntos.

Esta proposta é uma condição favorável para a montagem das poltronas da família do segmento urbano. O projeto já foi divulgado entre os gestores da área em questão para verificar a viabilidade desta

reestruturação, a fim de tornar esta etapa mais eficiente, com menos desperdícios no sistema produtivo.

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Além dos ganhos já mencionados no Capítulo 4, apresentam-se neste capítulo os principais ganhos obtidos após a realização da melhoria do estado original para o estado atual na etapa de montagem dos subconjuntos de poltronas da família do segmento urbano. A aplicação do método proposto para a reestruturação da linha de montagem de subconjuntos visou melhorar a eficiência operacional pela redução dos desperdícios do sistema produtivo com base nas técnicas, conceitos e dos princípios da Manufatura Enxuta.

5.1 REDUÇÃO DE ÁREA

Pela utilização da ferramenta do Gráfico de Balanceamento de Operadores (GBO) para equilibrar a carga de trabalho entre os colaboradores e a disposição dos recursos produtivos em forma linear, conseguiu-se obter um ganho de área de 42 m².

Vale salientar que antes de ser realizada a melhoria na etapa de montagem dos subconjuntos de poltronas, não havia uma área de circulação (corredor). Com o ganho deste espaço houve uma melhoria na movimentação de pessoas e no transporte de materiais.

5.2 AUMENTO DA PRODUTIVIDADE

Em virtude da grande procura do mercado consumidor externo pelo segmento de produtos urbano, houve a necessidade de reestruturação da linha produtiva para atender primeiramente o cliente interno, Montagem B – ônibus, e este, por consequência, atender o cliente final.

Para verificar o aumento da produtividade antes e após a melhoria segue-se um comparativo dos níveis de produção diários na figura 34.

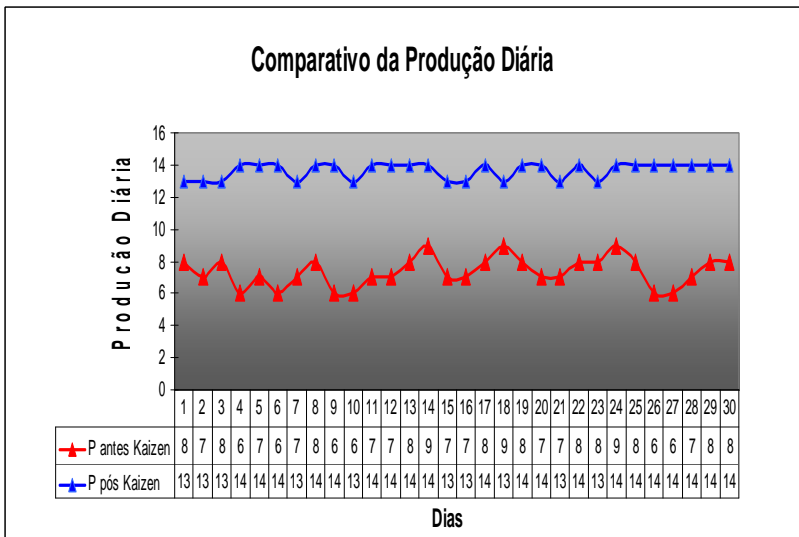


Figura 34 – Comparativo da produção diária

Diante desta análise gráfica pode-se dizer que, com aplicação do método proposto, os níveis de produção diários, estipulados pelo grupo de gestão em 75% de aumento, foram atingidos com êxito, garantindo a estabilidade produtiva na etapa de montagem dos subconjuntos de poltrona. Esse aumento na produção exigiu somente a adição de um colaborador.

É interessante ressaltar que, para a montagem de determinados membros da família de poltronas, há a necessidade de se ter mais colaboradores em comparação com outros membros. Por exemplo, para a montagem do membro Urban Wave é necessário ter 11 colaboradores e para o membro Urban Freestyle há a necessidade de ter somente 4 colaboradores. Porém a questão é: o que fazer com a mão-de-obra excedente? A mão-de-obra excedente irá desempenhar outras atividades relacionadas ou não com a manufatura dos subconjuntos como, por exemplo, ajudar na organização dos materiais e ou componentes da área, 5's, verificação de materiais faltantes ou serão encaminhados a outros setores da empresa para ajudar na produção. O gerenciamento da mão-de-obra da área ficará a cargo do líder de produção.

5.3 REDUÇÃO DO ESTOQUE

Devido à existência de um estoque em processo na etapa de montagem dos subconjuntos de poltrona do segmento urbano, a produção não era controlada e nem mesmo planejada de acordo com a necessidade do cliente interno. Dessa forma, os colaboradores realizavam a montagem dos subconjuntos antes mesmo do cliente requisitá-los, gerando estoque em processo, que por consequência acarretava ociosidade da mão-de-obra, excesso de movimentação de pessoas e transporte de materiais conforme mostrado na figura 35, sendo estes fatos contrários aos princípios da filosofia *Lean*.



Figura 35 – Etapa de montagem de poltronas do segmento urbano antes da melhoria

Fonte: da própria empresa

Com a finalidade de promover o fluxo contínuo de montagem dos membros da família de poltronas do segmento urbano pela utilização das ferramentas, técnicas e conceitos da Manufatura Enxuta, o estoque de produtos em processo foi reduzido em 95% após a realização da melhoria conforme mostrado na figura 36.



Figura 36 – Etapa de montagem de poltronas do segmento urbano após a melhoria

Fonte: da própria empresa

5.4 DIFUSÃO DOS CONCEITOS E DA FILOSOFIA *LEAN*

Além dos ganhos já mencionados, outros três fatos de grande relevância para a empresa podem ser considerados.

O primeiro refere-se ao comprometimento dos colaboradores da etapa onde foi realizada a melhoria em apontar soluções criativas para sanar as possíveis dificuldades e os desperdícios remanescentes no sistema produtivo, com o intuito de agregar ainda mais valor ao produto na ótica do cliente. O segundo refere-se ao fato dos mesmos serem agentes da difusão dos conceitos e da filosofia *Lean* para os demais colegas de trabalho. O terceiro fato é a aceitação por parte da alta gerência em propiciar aos agentes da mudança credibilidade e estímulo para a disseminação dos conceitos, ferramentas da filosofia *Lean* nos demais setores da empresa.

Assim, verifica-se que a filosofia *Lean* é uma ótima solução para sanar as ineficiências dos sistemas produtivos, caracterizadas como desperdícios. As técnicas, ferramentas e os conceitos da Manufatura

Enxuta vêm sendo amplamente difundidos entre os diversos setores da empresa, no intuito de disseminar a filosofia entre os colaboradores e quebrar os paradigmas existentes, para que esta empresa seja, num futuro próximo, referência em qualidade na fabricação, desenvolvimento, montagem e comercialização de ônibus no mundo.

5.5 AVALIAÇÃO FINAL DOS RESULTADOS

A disposição física dos recursos produtivos é caracterizada pela forma linear, na qual se apresenta uma série de condições favoráveis que sustentam os princípios da Manufatura Enxuta, mostrando a capacidade produtiva pelos objetivos atingidos e pelos resultados apresentados. Por outro lado, há algumas características que necessitam ser aprimoradas como, por exemplo, a flexibilidade operacional, o trabalho em equipe e a multifuncionalidade dos colaboradores.

Diante desta análise, observou-se que os pontos positivos superam os negativos quanto à reestruturação dos elementos produtivos. Porém estes podem ser transformados e melhorados ainda mais em termos da estrutura física dos elementos de produção, abastecimento da matéria-prima e transporte dos produtos acabados para que este sistema produtivo, num futuro próximo, torne-se mais eficiente do que ele é hoje.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho objetivou o desenvolvimento de um método para reestruturar as linhas de montagem de subconjuntos, com a finalidade de melhorar o fluxo de produção pela redução dos desperdícios de movimentação de pessoas e o transporte de materiais, com base nos conceitos da Manufatura Enxuta.

Para obter melhor êxito na implementação deste método, o mesmo foi dividido em duas fases: a primeira caracterizada como fase tática, na qual se realizou a análise das estratégias da mudança, tendo-se estabelecido as métricas e os objetivos a serem alcançados; a segunda corresponde à fase operacional onde se concretizou a mudança na etapa de montagem de poltronas do segmento urbano.

Tais fases foram divididas em etapas, que são: a visão macro do setor, a análise do estado original da etapa de montagem e/ou fabricação e a reestruturação da linha de montagem.

Na visão macro do setor se determinou que no setor de fabricação e montagem de poltronas, seria realizada a melhoria, por acreditar-se que esta área tem potencialidade de contribuir com maior retorno financeiro para empresa, pois este é o que contém maior fluxo de recursos, materiais e informações e o maior número de processos para montagem das famílias de produtos e seus membros.

Em seguida, foi realizada uma análise das etapas de processamento dos subconjuntos, com a finalidade de propiciar uma maior familiaridade com o ambiente produtivo. Nesta fase, foram observados muitos problemas corriqueiros na montagem dos subconjuntos, como por exemplo, falta de fluxo de montagem; elevada quantidade de movimentação e transporte; elevada quantidade de estoque em processo; elevada quantidade de produtos acabados; processos de fabricação desconexos; superprodução; processamentos inadequados; espera; ociosidade de mão-de-obra; falta de organização etc.

Para realizar o terceiro passo, visando a elaboração do mapa de fluxo de valor macro, primeiramente realizou-se a coleta de dados desta família de produtos, que mostrou de uma forma dinâmica e clara os fluxos de informações e materiais, os processos envolvidos para a fabricação dos membros da família e as ineficiências ou os desperdícios do sistema produtivo. Assim, a partir da visão macro do setor escolheu-se a etapa de montagem de poltronas para realizar a melhoria, pois esta é

a última etapa para a montagem e/ou fabricação dos subconjuntos antes destes serem encaminhados para o cliente interno Montagem B – ônibus.

Na análise do estado original da etapa de montagem de poltronas, foi elaborado o mapa de fluxo de material e informações do membro que possui a maior volume de demanda de produtos, verificando os elementos chaves e críticos do sistema produtivo. Na seqüência, realizou-se a análise da demanda de produtos, pois o sistema produtivo original não atendia a demanda desejada de 6006 subconjuntos mensais ou 286 subconjuntos diários. Deste total somente 70% eram atingidos, ou seja, 4204 subconjuntos, em decorrência dos desperdícios e das ineficiências do sistema produtivo. A análise do fluxo de montagem verificou a movimentação dos subconjuntos para cada membro da família de poltronas na seqüência de montagem dos mesmos.

Em seguida, realizou-se a cronometragem dos tempos de montagem para cada membro da família de produtos, visando o nivelamento da carga de trabalho entre os colaboradores pelo uso dos gráficos de barras. Para isso, considerou-se o tempo de ciclo de cada posto e a quantidade de dispositivos e pessoas para a montagem dos subconjuntos.

Na análise dos desperdícios de montagem, realizou-se uma comparação entre as operações que agregam valor ao produto (AAV), com as operações ou atividades que não agregam valor ao produto, porém necessárias (ANVn), com as operações ou atividades que não agregam valor ao produto (ANV).

Com o intuito de reestruturar a linha de montagem de poltronas para minimizar os desperdícios de movimentação e transporte, realizou-se o mapa do fluxo de material e informações do sistema produtivo. Na seqüência, calculou-se o tempo *takt* que relaciona a demanda de produtos e o tempo disponível de trabalho, resultando em 213 segundos.

No décimo segundo passo do método proposto, realizou-se o balanceamento das atividades ou operações de montagem, com a intenção de nivelar a carga de trabalho entre os colaboradores de acordo com o tempo *takt*, sendo que as atividades que não agregam valor foram eliminadas, as que não agregam valor, porém necessárias, foram minimizadas propiciando assim o fluxo contínuo de montagem dos subconjuntos.

Em seguida, realizou-se a reestruturação da linha de montagem através da adequação linear dos postos de trabalho de acordo com a seqüência de montagem, quantidade de postos e colaboradores.

Finalizada a organização dos recursos produtivos, realizou-se a análise dos desperdícios da etapa de montagem de poltronas para avaliar a eficácia da melhoria.

No décimo quinto passo, realizou-se treinamento para os colaboradores da etapa de montagem de poltronas, explicando o novo fluxo, os conceitos e técnicas da filosofia *Lean* objetivando a difusão das mesmas, a motivação dos colaboradores em manter a organização da área.

Na seqüência, realizou-se a coleta de dados e a auditoria na etapa de montagem de poltronas por um período de 30 dias para realizar um comparativo dos dados da situação do estado original em relação aos dados do estado atual, verificando a eficiência do sistema produtivo e o atendimento das metas e objetivos.

Realizadas as compilações dos dados antes e após a reestruturação, pode-se dizer que as melhorias foram concretizadas. Então, na seqüência fizeram-se a apresentação dos resultados para os diretores, gerentes, coordenadores, líderes e colaboradores da empresa, demonstrando os benefícios obtidos pela implementação dos conceitos, técnicas e ferramentas da Manufatura Enxuta.

6.1 AVALIAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

Como pode ser visto, de um modo geral, a seqüência dos passos do método proposto, apresentado no Capítulo 3 deste trabalho, tornou o mesmo viável e de fácil compreensão para as pessoas que o utilizarão futuramente. Este método poderá ser aplicado em empresas de segmentos variados que queriam transformar os sistemas tradicionais de montagem de subconjuntos em sistemas eficientes, com menos desperdícios e com maior valor agregado ao produto.

É importante destacar que o método proposto foi estruturado para uma empresa que possui uma grande variedade de setores, com diversidade de processos de montagem e/ou fabricação dos subconjuntos que compõem o produto principal.

Destaca-se também que este trabalho poderá estar sujeito à adaptação em seus conceitos, bem como a adequação e introdução de novos conceitos, pois a evolução do conhecimento é contínua. Assim, para melhorar a eficiência operacional das linhas de montagem de

subconjuntos, deve-se considerar a seqüência descrita neste trabalho como uma sugestão.

Por fim, pode-se dizer que os objetivos foram alcançados porque foi desenvolvido um método para reestruturar as linhas de montagem de subconjuntos, minimizando os desperdícios do sistema produtivo.

6.2 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

A empresa na qual foi realizado o estudo de caso possui muitas etapas para a montagem e fabricação das poltronas da família do segmento urbano. Por esta razão este trabalho teve foco na etapa de montagem final desta família de produto.

Por ser o trabalho delimitado em um método para reestruturar a linha de montagem de subconjuntos, há a necessidade de serem realizados outros trabalhos de implementação e difusão dos conceitos da Manufatura Enxuta nos demais setores da empresa.

Dentre as possibilidades para o desenvolvimento de trabalhos futuros destacam-se:

- Implementar a proposta do estado futuro da etapa de montagem de poltronas;
- Implementar o método proposto nos demais setores de montagem de subconjuntos da empresa;
- Desenvolver sistemas de mensurar a eficiência para as melhorias implementadas pelo uso do método proposto;
- Desenvolver um sistema de estabilidade, ou seja, um sistema padronizado semelhante aos modelos da Toyota, criando um procedimento eficaz para que as melhorias sejam continuamente implementadas e os problemas resolvidos na causa raiz.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. O. **Representação e análise de cadeias de suprimentos**: uma proposta baseada no mapeamento do fluxo de valor. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002.

AAKER, D.A. DAY; G.S.; KUMAR, V. **Pesquisa de marketing**. São Paulo: Editora Atlas, 2001.

ASKIN, R.G.; GOLDBERG, J.B. **Design and analysis of lean production systems**. New York: John Wiley, 2002.

BLACK, J.T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre. Bookman, 1998.

CGE CONSULTING. Disponível em:
<<http://www.cgeconsulting.com.br> > Acesso em 2008.

DE MAIS, Domenico. **O ócio criativo**. Rio de Janeiro: Sextante, 2000.

CASTRO, D.C. **Meio Ambiente de Trabalho e suas implicações no processo produtivo**: o caso marcenaria da UFOP. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2003.

DEMING, W. E. **Qualidade**: A Revolução da Administração. Rio de Janeiro, Marques-Saraiva, 1990.

FERREIRA, J.C.E. **Sistemas integrados de manufatura (S.I.M)**. Apostila, Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

FERRO, J.R. **Aprendendo a enxergar**: Lean Institute Brasil. 2000.

FIEDLER, N.C. et al. Análise da exigência física do trabalho em fábricas de móveis no Distrito Federal. **Revista Árvore**, v.27, n.6, p.879-885, 2003.

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

GHINATO, P. **Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção**. Publicado como 2o. cap. do Livro Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações. Ed. Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, UFPE, Recife, 2000.

IMAI, M. **Kaizen – A estratégia para o sucesso competitivo**. São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, 1996.

IRANI, S. **Advantages and disadvantages of Value Stream Mapping**. Lista de discussão 2004.

LÉXICO LEAN. **Glossário ilustrado para praticantes do Pensamento Lean**. Lean Institute Brasil. São Paulo, SP. 2007.

LIKER, J.K. **O modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre : Bookman, 2005.

LIKER, K.J.; MEIER, P.David. **O Talento Toyota**: o modelo Toyota aplicado ao desenvolvimento de pessoas. Porto Alegre:Bookman, 2008.

LORINI, F. **Tecnologia de grupo e organização da manufatura**. Florianópolis, Ed. da UFSC, 1993.

MARTINS, P.G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2003.

MONDEN, Y. **Toyota production system: an integrated approach to just-in-time**. **Japão**: Engineering & Management Press, 1998.

MOREIRA, D.A. **Administração da Produção e Operações**. 3°. ed. São Paulo: Pioneira, 1998.

NAZARENO, R.R. **Proposta de um método para a concepção, desenvolvimento, implementação e monitoramento de um sistema de produção enxuta**. 167 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003. Disponível em: <http://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/18/16>. Acesso em 20 jan 2009.

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

RADAR INDUSTRIAL. <http://www.radarindustrial.com.br/> . Acessado em 7 de setembro de 2009.

RENTES, A.F. **Proposta de uma Metodologia de Integração com Utilização de Conceitos de Modelagem de Empresas**. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos-USP. 2000.

RENTES, A. F. **Desenvolvimento de Sistemas de Produção Enxuta**. Notas de aula. 2002.

RICHARDSON, Robert Jarry. **Pesquisa social, métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999.

RODRIGUES, Rui Martinho. **Pesquisa acadêmica**. São Paulo: Atlas, 2007.

ROESCH, Sylvia Maria Azevedo. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração**: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1996.

ROSENBLANTT, M.. J. **Economic production cycles with imperfect production processes**. *IIE Transactions*, 1986.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando Fluxo Contínuo** – um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. São Paulo, SP. Lean Institute Brasil. 2002.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar** – mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil. 2003.

SAMARA, Beatriz Santos; BARROS, José Carlos de. **Pesquisa de marketing**: conceitos e metodologia. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

SILVA, Edna Lúcia da. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SIMS, R.JR. *MH. Problems are business problems*. Industrial Engineering, May. 1990.

SMALLEY, A. **Criando o Sistema Puxado Nivelado**. Brookline, MA, EUA, Lean Enterprise Institute, 2004.

SHARMA, A.; MOODY, P.E. **A Máquina Perfeita**; Como vencer na nova economia produzindo com menos recursos. Trad. Maria Lúcia G. Leite Rosa. 1.ed. São Paulo : Prentice Hall, 2003. 255 p.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. 2 ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SLACK, N. et al. **Administração da Produção**. 1.ed. São Paulo: Atlas, 1996.

SLACK, N. *et al.* **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOARES, E. **Metodologia científica**: lógica, epistemologia e normas. São Paulo: Atlas, 2003.

THIOLLENT, M. **Pesquisa-Ação nas Organizações**. São Paulo: Atlas, 1997.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação**. 2 ed. São Paulo: Cortez, 1986.

TOMPKINS, J.A. et al **Facilities Planing**. Jonh Wiley & Sons, Inc. Copyright, 1996.

TUBINO, D.F. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 1999.

TUBINO, D. **Slides da disciplina de Sistemas de Produção e Manufatura Enxuta**. 2007.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

WERKEMA, M.C.C. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. 6ª ed. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1995.

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

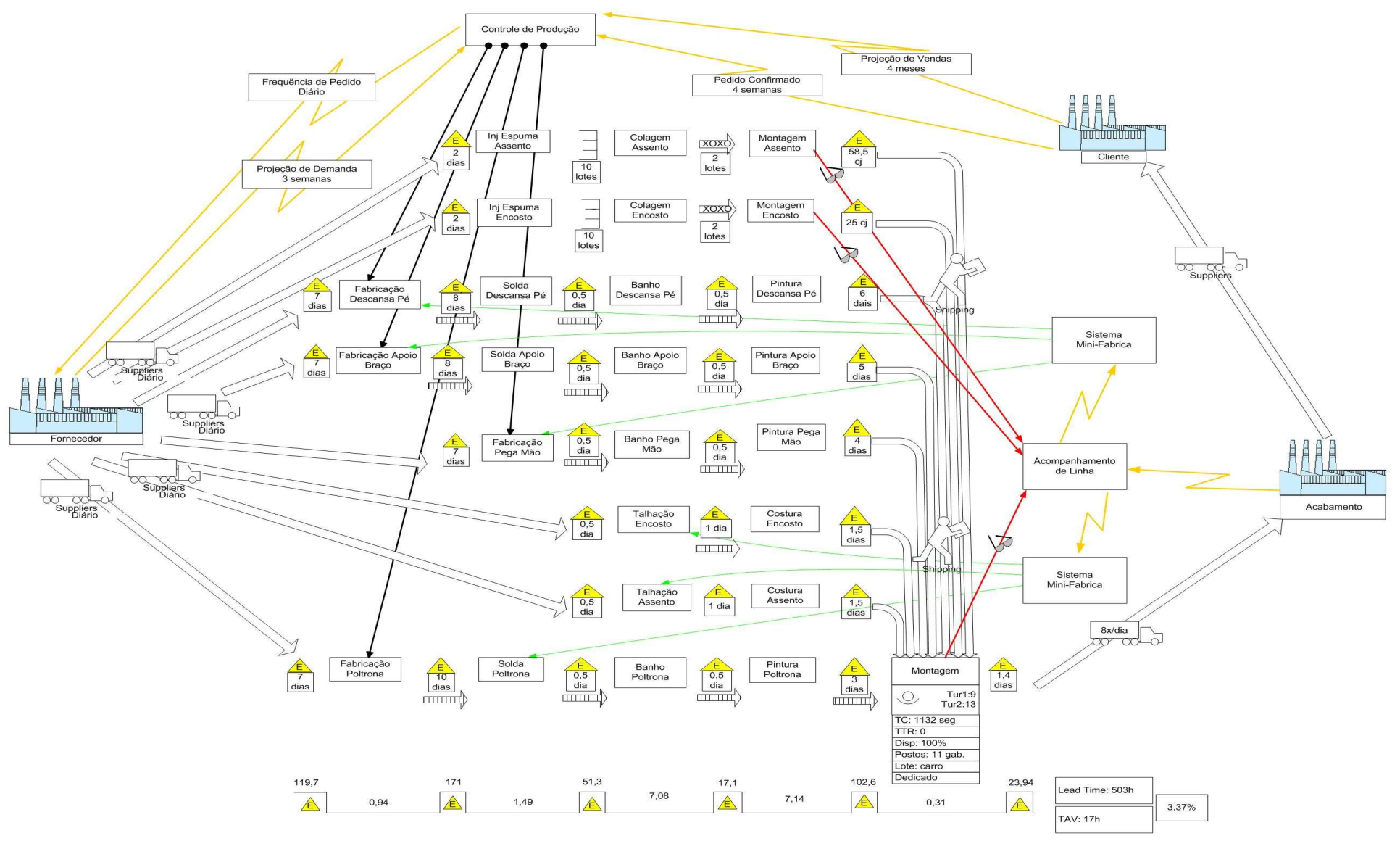
WOMACK, J.; JONES, D. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**, Ed, Campus, Rio de Janeiro, 1998.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**: baseado no estudo do Massachusetts Institute of Technology sobre o futuro do automóvel. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

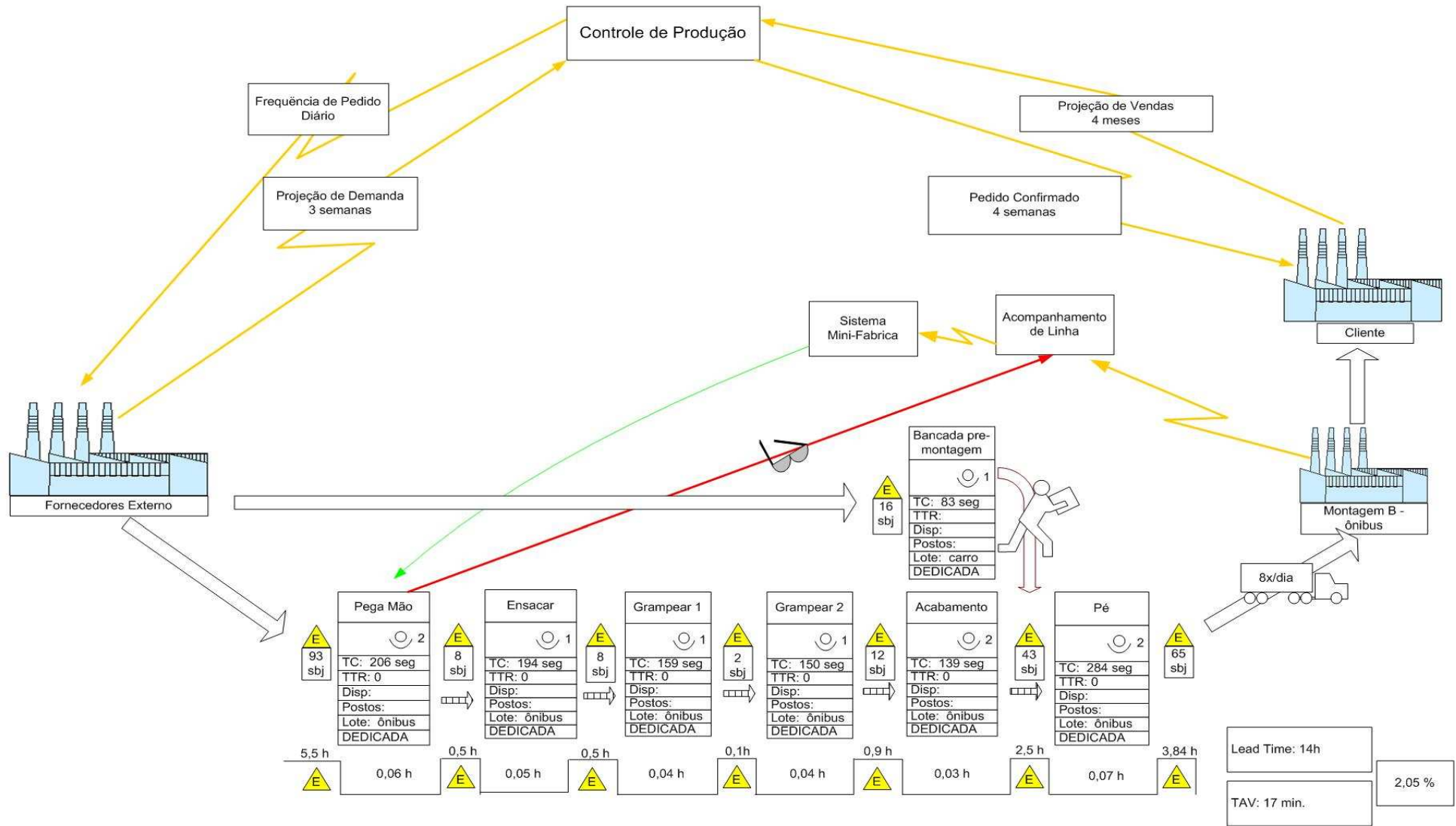
**APÊNDICE A – Mapa de fluxo de valor macro do setor de
fabricação de poltronas do segmento urbano**

MAPA DE FLUXO DE VALOR DA FABRICAÇÃO DE POLTRONAS URBANO



**APÊNDICE B – Mapa de fluxo de valor do estado original da etapa
de montagem de poltronas do segmento urbano**

MAPA DE FLUXO DE VALOR ORIGINAL DA ETAPA DE MONTAGEM DE POLTRONAS URBANO



**APÊNDICE C – Análise do fluxo e tempos de montagem de
poltronas no estado original**

Conforme a informação da figura 37 e da tabela 11 apresenta-se a solução para a montagem do membro de poltrona Urban Freestyle na cor marrom.

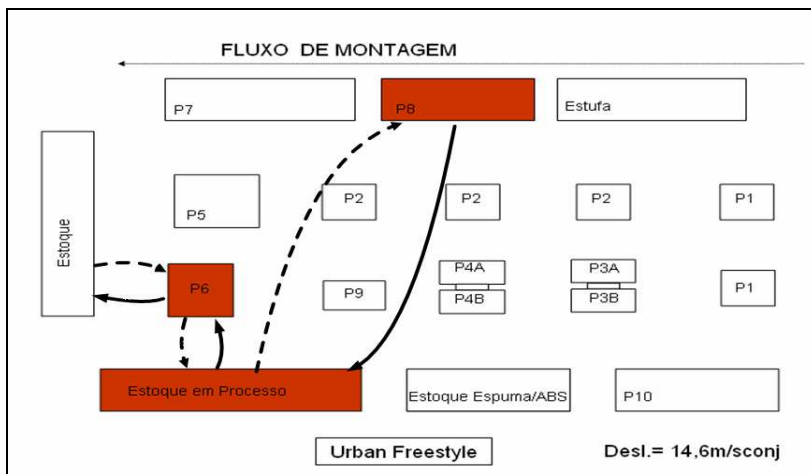


Figura 37 – Fluxo de montagem e transporte dos subconjuntos – Urban Freestyle

Fonte: da própria empresa

Tabela 11 – Tempos de montagem do membro da família de poltrona urbano – Urban Freestyle

Membro	Posto	Operações	Operadores	Tempo de Ciclo (segundos)	Menor Tempo Repetido (segundos)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Valor		
Urban Freestyle	P8 (pré-montagem da poltrona)	1	op1	op2	132	4	4	3	4	5	4	6	7	4	8	4	4	ANV
		2	op1	op2		45	45	46	47	44	45	45	46	50	47	48	47	AAV
		3	op1	op2		73	71	70	73	77	80	87	73	77	74	73	78	AAV
		4	op1	op2		10	9	11	13	10	10	19	16	10	16	10	16	ANV
	P6 (montagem do pé)	5	op3	op4	256	6	4	6	7	6	10	6	7	8	5	11	7	ANV
		6	op3	op4		45	46	44	45	48	49	55	47	49	45	45	47	ANVn
		7	op3	op4		20	27	26	22	20	20	28	26	26	22	24	20	AAV
		8	op3	op4		38	38	34	48	45	48	38	37	38	39	38	40	AAV
		9	op3	op4		55	55	56	60	53	55	54	58	55	60	57	55	AAV
		10	op3	op4		22	23	27	25	23	23	27	23	28	25	23	22	AAV
		11	op3	op4		45	45	44	46	47	45	45	45	47	45	48	45	AAV
		12	op3	op4		25	25	30	31	26	25	26	22	25	21	26	23	ANV

Fonte: da própria empresa

Tomando como referências o fluxo de montagem da figura 37 e as informações da tabela 11, mostra-se na figura 38 os tempos de operação de montagem por colaborador do membro Urban Freestyle do estado original.

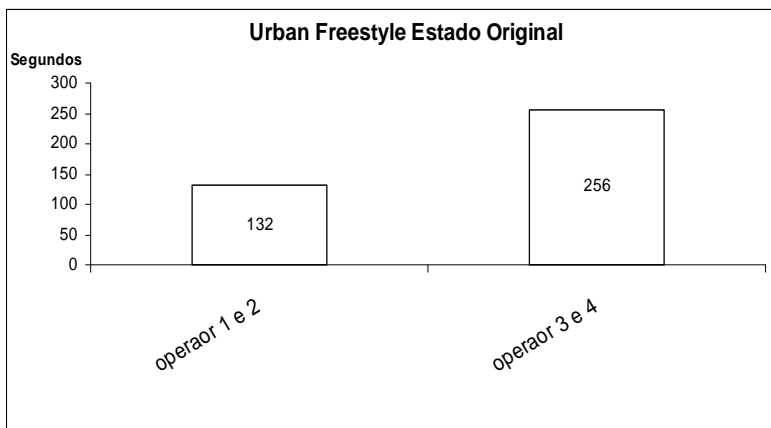


Figura 38 – Balanceamento das operações de montagem por colaborador do membro – Urban Freestyle.

Fonte: da própria empresa

De acordo com a análise da figura 37 e 38, das informações da tabela 11, segue-se uma explicação para o melhor entendimento do fluxo de montagem das poltronas Urban Freestyle no estado original.

Primeiramente eram realizadas as operações de 1 a 4 (pré-montagem da poltrona) no posto 8 por dois colaboradores (op1 e op2) devido à necessidade da ajuda mútua no tempo de 132 segundos, posteriormente o subconjunto era movimentado para o estoque em processo onde os mesmos permaneciam neste local até este membro de poltrona ser solicitado pelo cliente interno Montagem B – ônibus. Após a solicitação pelo cliente, um dos dois colaboradores (op3 ou op4) deslocava-se até este estoque para pegar o subconjunto pré-montado e findavam a montagem do produto realizado as operações de 5 a 12 (montagem do pé) no posto 6 no tempo de 256 segundos.

A movimentação de pessoas e o transporte por subconjunto eram de aproximadamente 14,6 metros.

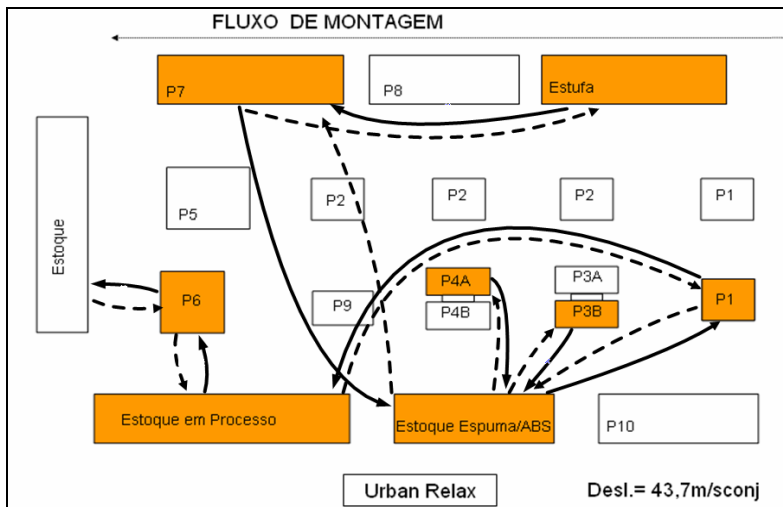


Figura 39 – Fluxo de montagem e transporte dos subconjuntos – Urban Relax

Fonte: da própria empresa

Tabela 12 – Tempos de montagem do membro da família de poltronas urbano – Urban Relax

Membro	Posto	Operações	Operadores	Tempo de Ciclo (segundos)	Menor Tempo Repetido (segundos)	T1	T2	T3	T4	T5	T7	T8	T9	T10	Valor	
Urban Relax	P3 (preparação para montagem)	1	op1	106	11	13	14	11	13	14	11	17	11	13	14	ANVn
		2	op1		13	13	16	9	11	11	18	17	11	13	8	ANVn
		3	op1		50	51	55	58	50	47	48	50	52	50	68	AAV
		4	op1		12	12	14	15	13	11	12	18	7	12	12	ANVn
		5	op1		20	22	21	25	26	20	20	23	20	22	20	ANV
	P4 (fixar assento e encosto)	6	op2	315	7	7	7	7	8	8	7	7	9	10	7	ANV
		7	op2		11	10	13	11	12	15	16	11	17	11	11	ANVn
		8	op2		126	127	125	126	137	148	126	130	127	126	126	AAV
		9	op2		8	8	8	9	10	11	13	8	8	7	6	ANV
		10	op2		6	6	6	6	8	10	11	6	6	6	5	ANVn
		11	op2		150	150	157	160	150	145	140	157	150	179	157	AAV
		12	op2		7	7	7	7	6	8	9	7	7	7	7	ANV
	P1 (montagem do pega-mão)	13	op3	251	20	20	29	22	20	25	30	20	22	19	22	ANV
		14	op3		40	40	42	44	48	40	38	35	40	44	42	ANVn
		15	op3		180	189	180	195	178	180	184	189	180	175	181	AAV
		16	op3		11	11	11	15	14	12	11	10	9	11	8	ANV
		17	op3		30	29	27	30	33	30	32	30	34	31	29	ANVn
	P6 (montagem do pé)	18	op5	250	52	51	52	55	57	52	49	60	52	52	58	AAV
		19	op5		125	130	115	125	127	125	132	125	127	125	134	AAV
		20	op5		18	17	18	15	25	18	16	18	14	19	18	AAV
		21	op5		25	34	25	27	34	25	25	39	22	21	25	ANV
22		op7	30		29	33	36	30	30	33	30	35	32	40	ANVn	
Estdo Original	P7 (grampear assento e encostos)	23	op7	140	110	116	118	110	208	109	123	110	111	119	122	AAV

Fonte: da própria empresa

A partir do fluxo de montagem da figura 39, na cor laranja, e as informações da tabela 12 mostra-se na figura 40 os tempos de operações

de montagem por colaborador do membro Urban Relax do estado original.

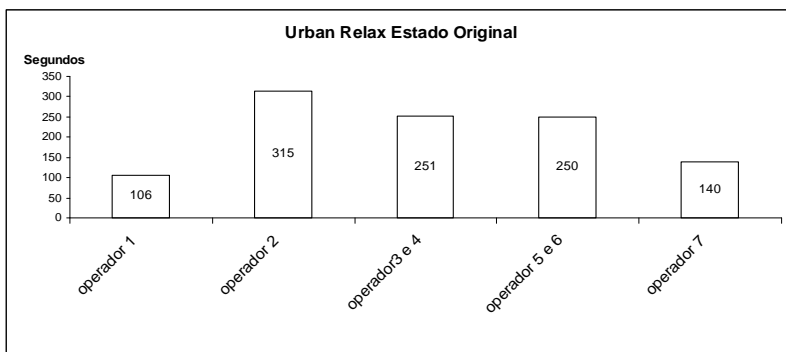


Figura 40 – Balanceamento das operações de montagem por colaborador do membro – Urban Relax.

Fonte: da própria empresa

Conforme a análise da figura 39 e 40 e das informações da tabela 12, segue-se uma explicação para o melhor entendimento do fluxo de montagem das poltronas Urban Relax no estado original.

As primeiras operações de 1 a 5 (preparação para montagem) para a montagem dos subconjuntos eram realizadas no posto 3 lado B por um colaborador (op1) no tempo de 106 segundos, finalizada este processo, o subconjunto era movimentado para o estoque de ABS. Neste estoque também continha os itens que eram fabricados no posto 7 pelas operações 22 e 23 (grampear assento e encosto) por um sétimo colaborador (op7) no tempo de 140 segundos.

Na seqüência, um segundo colaborador (op2) pegava os itens provenientes do posto 7 e a estrutura proveniente do posto 3 lado B no estoque Espuma/ABS e transportava até o posto 4 lado A onde eram realizadas as operações 6 a 12 (fixar assento e encosto) no tempo de 315 segundos. Finalizada estas operações o subconjunto era novamente transportado para o estoque de Espuma/ABS. Posteriormente, um dos dois colaboradores (op3 ou op4) pegava o subconjunto neste estoque e transportava até o posto 1 onde eram realizadas as operações 13 a 16 (montagem do pega-mão) no tempo de 251 segundos. Finalizado este processo, o subconjunto era novamente movimentado até o estoque em processo o qual permanecia neste lugar até ser solicitado pelo cliente interno Montagem B – ônibus. Após a solicitação pelo cliente, um dos

dois colaboradores (op5 ou op6) deslocava-se até este estoque para pegar o subconjunto e findavam a montagem do produto realizando as operações 17 a 21 (montagem do pé) no posto 6 no tempo de 250 segundos.

A movimentação de pessoas e o transporte por subconjunto eram de aproximadamente de 43,7 metros.

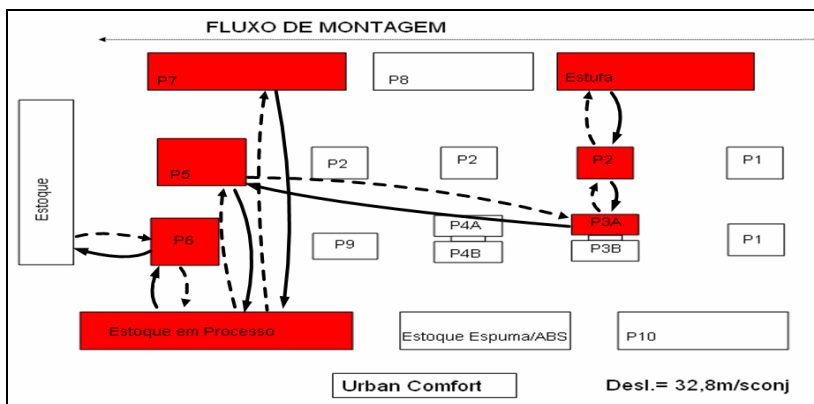


Figura 41 – Fluxo de montagem e transporte dos subconjuntos – Urban Comfort

Fonte: da própria empresa

Tabela 13 – Tempos de montagem do membro da família urbano – Urban Comfort

Membro	Posto	Operações	Operadores	Tempo de Ciclo (segundos)	Menor Tempo Repetido (segundos)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Valor
Urban Comfort	P2 (ensacar)	1	op1	490	7	7	6	8	9	7	7	5	10	7	8	ANVh
		2	op1		21	23	24	20	21	22	21	30	21	19	18	ANVh
		3	op1		217	215	220	226	217	218	217	211	230	217	219	AAV
		4	op1		20	21	23	20	22	20	19	17	21	20	20	ANVh
		5	op1		215	217	215	229	215	211	214	215	218	216	228	AAV
		6	op1		10	10	13	14	15	10	11	10	8	9	10	ANV
	P3 (grampear superior)	7	op2	314	10	11	10	19	20	7	10	10	13	17	8	ANVh
		8	op2		97	100	97	108	95	97	96	97	113	99	97	AAV
		9	op2		98	98	100	113	103	97	95	100	113	98	124	AAV
		10	op2		97	95	111	97	107	97	115	101	103	99	111	AAV
		11	op2		12	11	14	16	12	12	16	12	10	9	11	ANV
	P5 (acabamento traseiro)	12	op3	188	177	201	199	177	170	190	177	210	196	207	177	AAV
		13	op3		11	11	10	9	12	17	11	11	13	8	17	ANV
	P6 (montagens do assento e pé)	14	op4	op5	264	36	35	40	43	36	42	36	36	36	41	36
15		op4	op5	43		47	43	40	48	43	50	43	40	38	42	AAV
16		op4	op5	52		50	49	52	60	56	52	56	60	52	46	AAV
17		op4	op5	125		130	125	133	124	120	125	128	119	125	135	AAV
18		op4	op5	18		18	12	20	18	15	19	22	25	18	17	AAV
19		op4	op5	10		11	15	10	8	10	7	17	10	15	10	ANV
P7 (grampear assento)	20	op6	212	73	74	77	70	80	73	73	69	72	78	73	ANVh	
	21	op6		132	96	132	138	132	140	132	137	132	132	128	AAV	
	22	op6		7	7	6	6	7	10	5	7	7	6	7	ANV	
Estado Original																

Fonte: da própria empresa

Tomando como referência o fluxo de montagem da figura 41, na cor vermelha, e as informações da tabela 13, mostra-se na figura 42 os tempos de operações de montagem por colaborador do membro Urban Comfort do estado original.

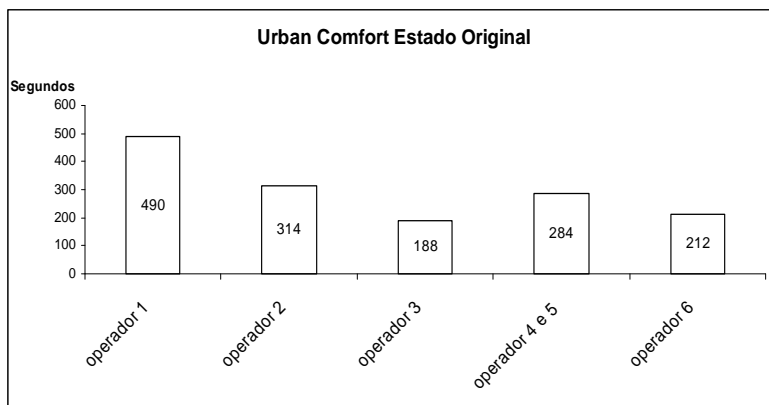


Figura 42 - Balanceamento das operações de montagem por colaborador do membro – Urban Comfort.

Fonte: da própria empresa

De acordo com a análise das figuras 41 e 42 e as informações da tabela 13, segue-se uma explicação para o melhor entendimento do fluxo de montagem das poltronas Urban Comfort no estado original.

Primeiramente eram realizadas as operações de 1 a 6 (ensacar) no posto 2 por um colaborador (op1) no tempo de 490 segundos, logo em seguida, o subconjunto era movimentado até o posto 3 lado A onde eram realizadas a seqüência operacional de 7 a 11 (grampear superior) por um segundo colaborador (op2) no tempo de 314 segundos. Em seguida, o subconjunto era transportado até o posto 5 onde eram realizadas as operações de 12 e 13 (acabamento traseiro) por um terceiro colaborador (op3) no tempo de 188 segundos, e em seguida, o subconjunto pré-montado no posto 5 mais os itens que eram fabricados no posto 7 pelas operações 20 a 22 (grampear assento) por um sexto colaborador (op6) no tempo de 212 segundos, eram transportados para o estoque em processo onde estes permaneciam neste local até este membro de poltrona ser solicitado pelo cliente interno Montagem B – ônibus. Após a solicitação pelo cliente, um dos dois colaboradores (op4 ou op5) deslocava-se até este estoque para pegar o subconjunto pré-montado

mais os itens e findavam a montagem do produto realizando as operações 14 a 19 (montagens do assento e pé) no posto 6 no tempo de 284 segundos.

A movimentação de pessoas e o transporte por subconjunto eram de aproximadamente de 32,8 metros.

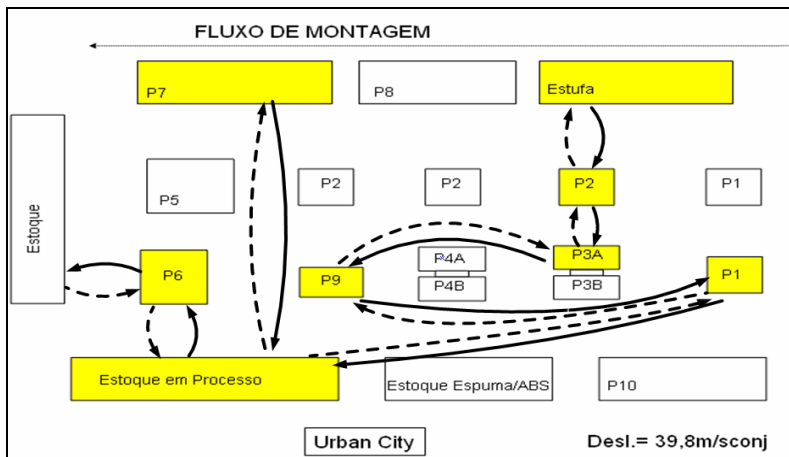


Figura 43 – Fluxo de montagem e transporte dos subconjuntos – Urban City

Fonte: da própria empresa

Tabela 14 – Tempo de montagem do membro da família de poltrona urbano – Urban City

Membro	Posto	Operações	Operadores	Tempo de Ciclo (segundos)	Menor Tempo Repetido (segundos)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Valor	
						8	7	11	10	15	11	14	11	12	11	ANVn	
Urban City	P2 (ensacar)	1	op1	93	11	8	7	11	10	15	11	14	11	12	11	ANVn	
		2	op1		40	39	45	40	48	36	40	51	49	40	37	AAV	
		3	op1		42	45	42	44	39	41	42	53	47	42	43	AAV	
	P3 (grampear inferior)	4	op2	202	15	15	17	11	10	9	15	15	20	18	15	ANV	
		5	op2		187	187	190	193	185	184	182	188	187	180	187	AAV	
	P9 (acabamento traseiro)	6	op3	172	20	18	20	17	20	22	20	23	25	20	19	ANV	
		7	op3		152	156	152	157	142	150	148	155	152	158	160	AAV	
	P1 (montagem do pega-mão)	8	op5	168	16	17	20	16	15	16	18	22	16	16	16	ANV	
		9	op5		25	22	28	25	25	27	21	25	30	29	25	ANVn	
		10	op5		127	129	127	123	128	127	130	122	120	127	137	AAV	
		11	op7		36	33	36	38	40	36	31	36	35	36	38	ANVn	
	P6 (montagens do assento e pé)	12	op7	284	43	40	39	43	45	43	43	47	37	43	43	AAV	
		13	op7		52	52	50	40	52	56	58	51	49	47	52	AAV	
		14	op7		125	125	128	120	123	125	125	130	119	125	133	AAV	
		15	op7		18	18	15	11	17	22	23	19	18	18	22	AAV	
		16	op7		10	10	9	10	11	8	10	10	13	10	15	ANV	
	Estado Original	P7 (grampear assento)	17	op9	83	33	33	35	37	33	31	29	33	27	37	33	ANVn
			18	op9		40	30	38	40	44	45	40	40	39	37	44	AAV
			19	op9		10	10	9	11	10	10	8	10	12	14	10	ANV

Fonte: da própria empresa

A partir do fluxo de montagem da figura 43, na cor amarela, e as informações da tabela 14, mostra-se na figura 44 os tempos de operação de montagem por colaborador do membro Urban City do estado original.

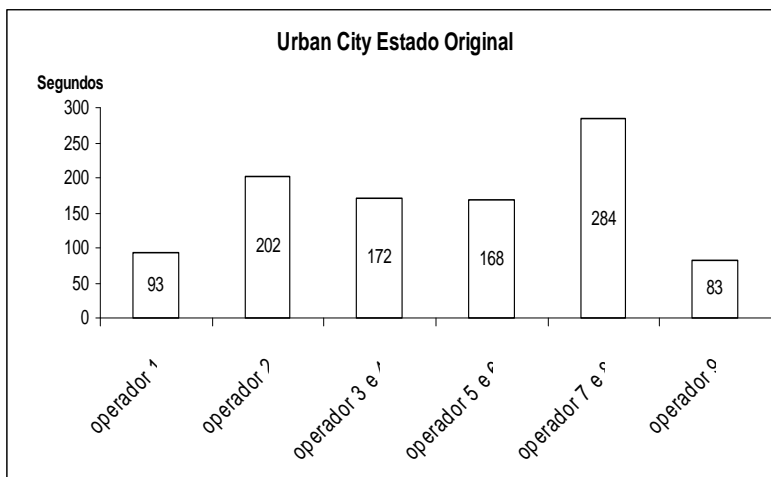


Figura 44 – Balanceamento das operações de montagem por colaborador do membro – Urban City.

Fonte: da própria empresa

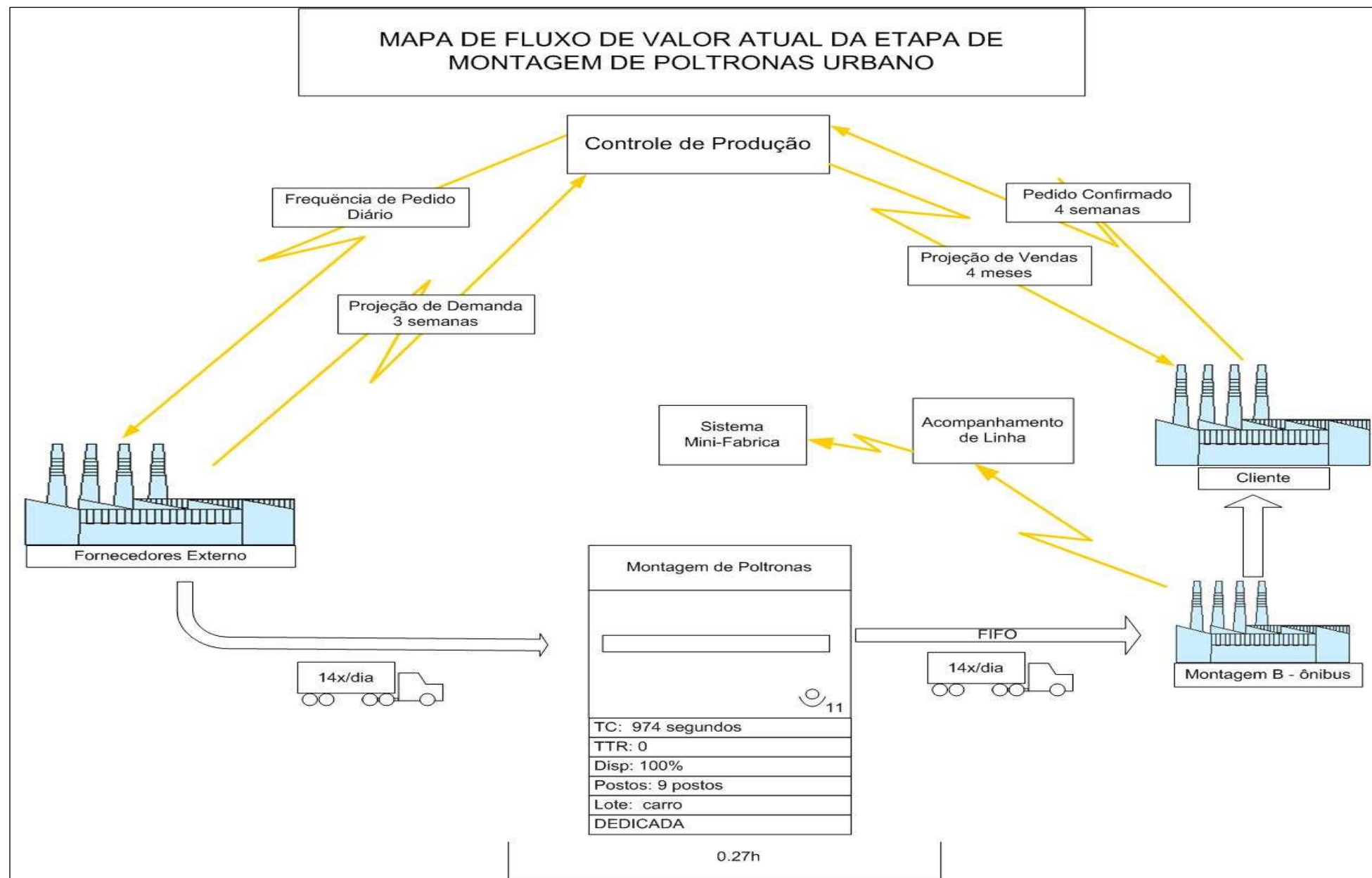
Conforme a análise das figuras 43 e 44 e as informações da tabela 14, segue-se uma explicação para o melhor entendimento do fluxo de montagem das poltronas Urban City no estado original.

Primeiramente, eram realizadas as operações de 1 a 3 (ensacar) no posto 2 por um colaborador (op1) no tempo de 93 segundos, logo em seguida, o subconjunto era movimentado até o posto 3 lado A onde eram realizadas as operações 4 e 5 (grampear inferior) por um segundo colaborador (op2) no tempo de 202 segundos, em seguida, o subconjunto era transportado até o posto 9 onde eram realizadas as operações de 6 e 7 (acabamento traseiro) por dois colaboradores (op3 e op4) devido à necessidade da ajuda mútua no tempo de 172 segundos em seguida, o subconjunto era movimentado até o posto 1 onde eram realizadas as operações 8 a 10 (montagem do pega-mão) por outros dois colaboradores (op5 e op6) no tempo de 168 segundos. Finalizada estas operações de montagem, o subconjunto pré-montado no posto 1 mais os itens que eram fabricados no posto 7 pelas operações 17 a 19 (grampear

assento) pelo nono colaborador (op9) no tempo de 83 segundos, eram encaminhados para o estoque em processo onde os mesmos permaneciam neste local até este membro de poltrona ser solicitado pelo cliente interno Montagem B - ônibus. Após a solicitação pelo cliente, um dos dois colaboradores (op7 ou op8) deslocava-se até este estoque para pegar o subconjunto mais os itens e findavam a montagem do produto realizando as operações 11 a 16 (montagens do assento e pé) no posto 6 no tempo de 284 segundos.

A movimentação de pessoas e o transporte por subconjunto eram de aproximadamente 39,8 metros e o tempo de ciclo total de 1002 segundos.

APÊNDICE D – Mapa de fluxo de valor do estado atual da etapa de montagem de poltronas do segmento urbano



**APÊNDICE E – Análise do fluxo e tempos de montagem de
poltronas no estado atual**

Conforme as informações da figura 45 e 46 e da tabela 15 apresenta-se a solução para o fluxo de montagem do membro de poltrona Urban Freestyle na cor marrom.

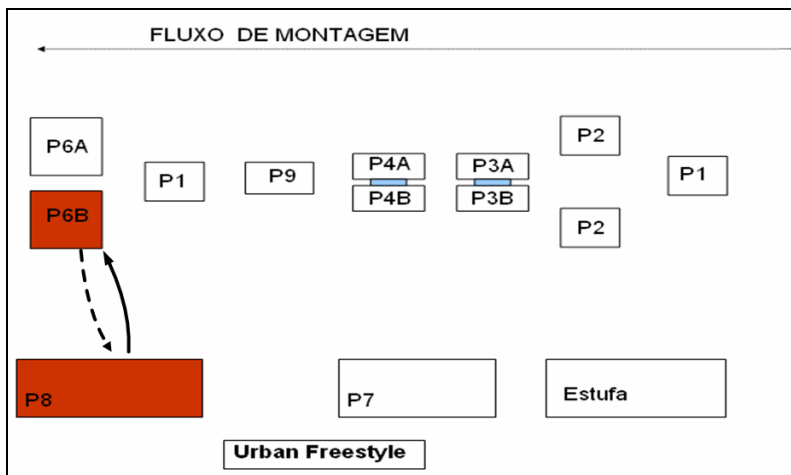


Figura 45 – Fluxo de montagem para o membro – Urban Freestyle

Fonte: da própria empresa

Tabela 15 – Balanceamento dos tempos das operações do membro – Urban Freestyle

Membro	Posto	Operações	Operadores	Tempo de Ciclo (segundos)	Tempo Utilizado (segundos)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Valor		
Urban Freestyle	P8 (pré-montagem da poltrona)	1	op1	op2	118	0	Eliminado										ANV	
		2	op1	op2		45	45	46	47	44	45	45	46	50	47	48	47	AAV
		3	op1	op2		73	71	70	73	77	80	87	73	77	74	73	78	AAV
		4	op1	op2		0	Eliminado										ANV	
	P6 (montagem do pé)	5	op3	op4	205	0	Eliminado										ANV	
		6	op3	op4		25	Eliminado										ANVn	
		7	op3	op4		20	27	26	22	20	20	28	26	26	22	24	20	AAV
		8	op3	op4		38	38	34	48	45	48	38	37	38	39	38	40	AAV
		9	op3	op4		55	55	56	60	53	55	54	58	55	60	57	55	AAV
		10	op3	op4		22	23	27	25	23	23	27	23	28	25	23	22	AAV
		11	op3	op4		45	45	44	46	47	45	45	45	47	45	48	45	AAV
		12	op3	op4		0	Eliminado										ANV	
Estado Atual																		

Fonte: da própria empresa

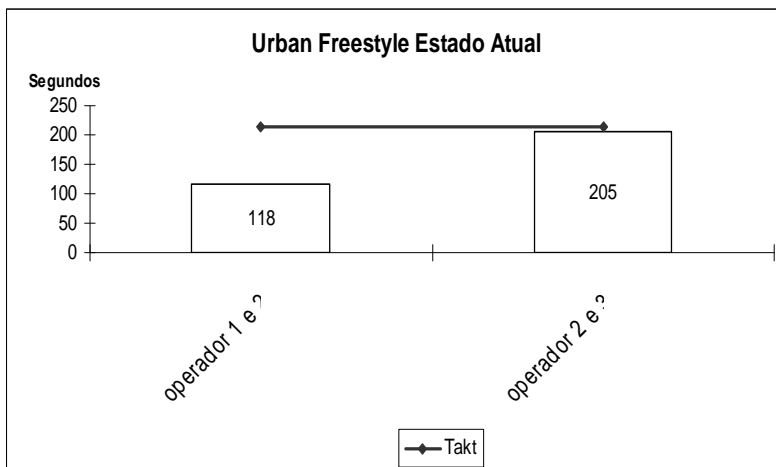


Figura 46 – Balanceamento das operações do membro – Urban Freestyle

Fonte: da própria empresa

Para melhor esclarecimento das etapas da seqüência de montagem, tipos e quantidade de postos e quantidade de operadores necessários para a montagem dos subconjuntos Urban Freestyle, segue-se uma breve descrição do fluxo de montagem dos subconjuntos de poltronas em questão:

Conforme a tabela 15, as operações 1, 4, 5, 6 e 12 foram eliminadas, pois as mesmas não agregam valor ao produto (ANV).

O primeiro posto de montagem dos subconjuntos de poltronas para este membro é o posto 8. Neste, são realizadas as operações 2 e 3 (pré-montagem da poltrona) por dois colaboradores (op1 e op2) no tempo de 118 segundos, devido à necessidade da ajuda entre ambos. Finalizada a etapa de montagem no posto 8, os subconjuntos são movimentados para o posto 6 lado B onde são realizadas as operações de 6 a 11 (montagem do pé) por dois colaboradores (op3 e op4) no tempo de 205 segundos.

De acordo com as informações das figuras 47 e 48 e da tabela 16 apresenta-se a solução para o fluxo de montagem do membro de poltrona Urban Relax na cor laranja.

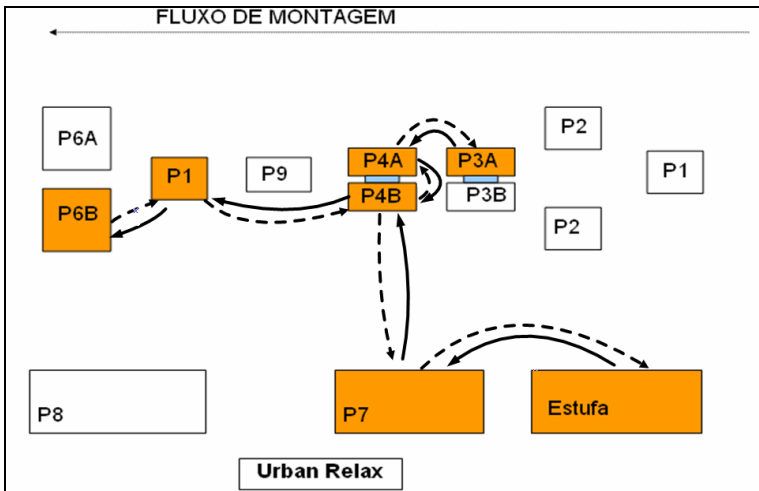


Figura 47 – Fluxo de montagem para o membro – Urban Relax
 Fonte: da própria empresa

Tabela 16 – Balanceamento dos tempos das operações do membro – Urban Relax

Membro	Posto	Operações	Operadores	Tempo de Ciclo (segundos)	Tempo Utilizado (segundos)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Valor	
Urban Relax	P3 (preparação para montagem)	1	op1	86	11	Minimizado										ANVn	
		2	op1		13	Minimizado										ANVn	
		3	op1		50	51	55	58	50	47	48	50	52	50	68	AAV	
		4	op1		12	Minimizado										ANVn	
		5	op1		0	Eliminado										ANV	
		6	op2		0	Eliminado										ANV	
	P4A (fixar assento)	7	op2	137	11	Minimizado										ANVn	
		8	op2		126	127	125	126	137	148	126	130	127	126	126	AAV	
		9	op2		0	Eliminado										ANV	
	P4B (fixar encosto)	10	op3	156	6	Minimizado										ANVn	
		11	op3		150	150	157	160	150	145	140	157	150	179	157	AAV	
		12	op3		0	Eliminado										ANV	
	P1 (montagem do pega-mão)	13	op4	op5	207	0	Eliminado										ANV
		14	op4	op5		27	Minimizado										ANVn
		15	op4	op5		180	189	180	185	178	180	184	189	180	175	181	AAV
		16	op4	op5		0	Eliminado										ANV
		17	op6	op7		10	Minimizado										ANVn
	P6 (montagem do pé)	18	op6	op7	205	52	51	52	55	57	52	49	60	52	52	58	AAV
		19	op6	op7		125	130	115	125	127	125	132	125	127	125	134	AAV
		20	op6	op7		18	17	18	15	25	18	16	18	14	19	18	AAV
		21	op6	op7		0	Eliminado										ANV
22		op8		140		30	Minimizado										ANVn
23	op8	110	116		118	110	208	109	123	110	111	119	122	AAV			
Estado Atual	P7 (grampear assento e encosto)																

Fonte: da própria empresa

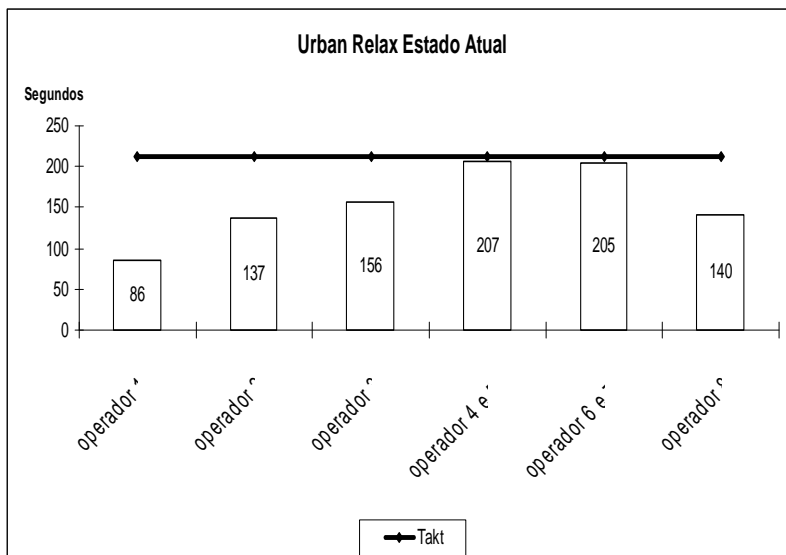


Figura 48 – Balanceamento das operações do membro – Urban Relax

Fonte: da própria empresa

Para melhor esclarecimento das etapas da seqüência de montagem, tipos e quantidade de postos e quantidade de operadores necessários para a montagem dos subconjuntos Urban Relax, segue-se uma breve descrição do fluxo de montagem dos subconjuntos de poltronas em questão:

Conforme a tabela 16, as operações 5, 6, 9, 12, 13, 16 e 21 foram eliminadas, pois as mesmas não agregam valor ao produto (ANV) e as atividades 1, 2, 4, 7, 10, 14, 17 e 22 foram minimizadas, pois as mesmas são atividades que não agregam valor porem são necessárias (ANVn).

O primeiro posto de montagem para a montagem dos subconjuntos de poltrona para este membro é o dispositivo 3 lado A onde são realizadas as operações de 1 a 4 (preparação para montagem) por um colaborador (op1) no tempo de 86 segundos. Finalizada as operações neste posto, o subconjunto é movimentado para o posto 4 lado A onde são realizadas as operações 7 e 8 (fixar assento) por um segundo colaborador (op2) no tempo de 137 segundos. Em seguida o subconjunto é transportado para o posto 4 lado B onde as operações 10 e 11 (fixar encosto) são realizadas por um terceiro colaborador (op3) no tempo de 156 segundos. Finalizada as operações neste posto, o

subconjunto é transportado para o posto 1 onde são desempenhadas as operações 14 e 15 (montagem do pega-mão) no tempo de 207 segundos por dois colaboradores (op4 e op5) devido à necessidade da ajuda mútua. Em seguida, o subconjunto é transportado até o posto 6 lado B onde são realizadas as operações de 17 a 20 (montagem do pé) por dois colaboradores (op6 e op7) em um tempo de 205 segundos mais o item proveniente do posto 7 finalizando o fluxo de montagem para este membro da família de poltrona.

No posto 7 são montados dois itens por subconjunto pela realização das operações 22 e 23 (grampear encosto e assento) por um oitavo colaborador (op8) no tempo de 140 segundos sendo que estes são encaminhados para o posto 4 lado B onde os mesmos são montados na estrutura.

Conforme as informações das figuras 49 e 50 e da tabela 17 apresenta-se a solução para o fluxo de montagem do membro de poltrona Urban Comfort na cor vermelha.

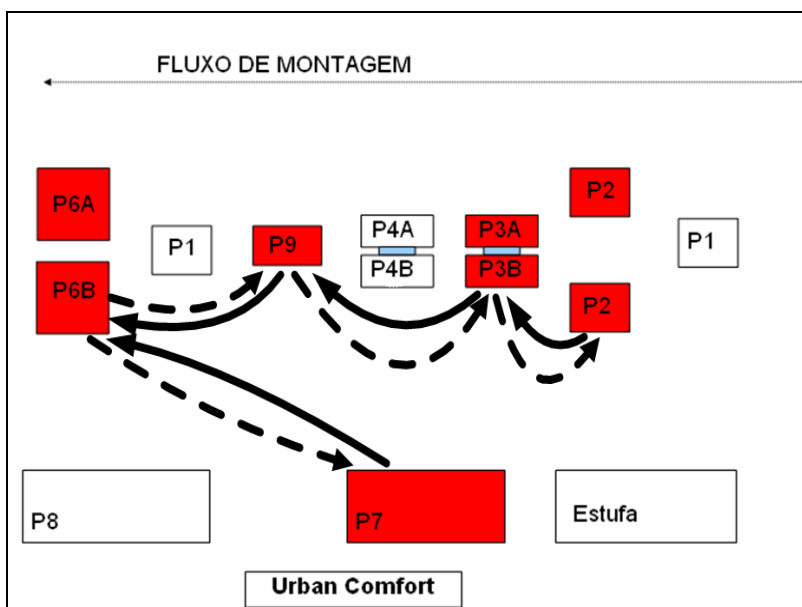


Figura 49 – Fluxo de montagem para o membro – Urban Comfort

Fonte: da própria pesquisa

Tabela 17 – Balanceamento dos tempos das operações do membro – Urban Comfort

Membro	Posto	Operações	Operadores	Tempo de Ciclo (segundos)	Tempo Utilizado (segundos)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Valor	
Urban Comfort	P2 (ensacar)	1	op1	op2	446:2 = 223	5	Minimizado									ANVn	
		2	op1	op2		4	Minimizado									ANVn	
		3	op1	op2		217	215	220	226	217	216	217	211	230	217	219	AAV
		4	op1	op2		5	Minimizado									ANVn	
		5	op1	op2		215	217	215	229	215	211	214	215	218	216	228	AAV
		6	op1	op2		0	Eliminado									ANV	
	G3 (grampear superior)	7	op3	op4	302:2 = 151	10	Minimizado									ANVn	
		8	op3	op4		97	100	97	108	95	97	96	97	113	99	97	AAV
		9	op3	op4		98	98	100	113	103	97	95	100	113	98	124	AAV
		10	op3	op4		97	95	111	97	107	97	115	101	103	99	111	AAV
		11	op3	op4		0	Eliminado									ANV	
	G9 (acabamento traseiro)	12	op5		177	177	201	199	177	170	190	177	210	196	207	177	AAV
		13	op5			0	Eliminado									ANV	
	G6 (montagens do pé a assento)	14	op6	op7	274:2 = 137	36	Minimizado									ANVn	
		15	op6	op7		43	47	43	40	48	43	50	43	40	38	42	AAV
		16	op6	op7		52	50	49	52	60	58	52	55	60	52	48	AAV
		17	op8	op9		125	130	125	133	124	120	125	128	119	125	135	AAV
		18	op8	op9		18	18	12	20	18	15	19	22	25	18	17	AAV
	G7 (grampear assento)	19	op8	op9	205	0	Eliminado									ANV	
		20	op10			73	Minimizado									ANVn	
		21	op10			132	96	132	136	132	140	132	137	132	132	128	AAV
	Estado Atual	22	op10		0	Eliminado									ANV		

Fonte: da própria empresa

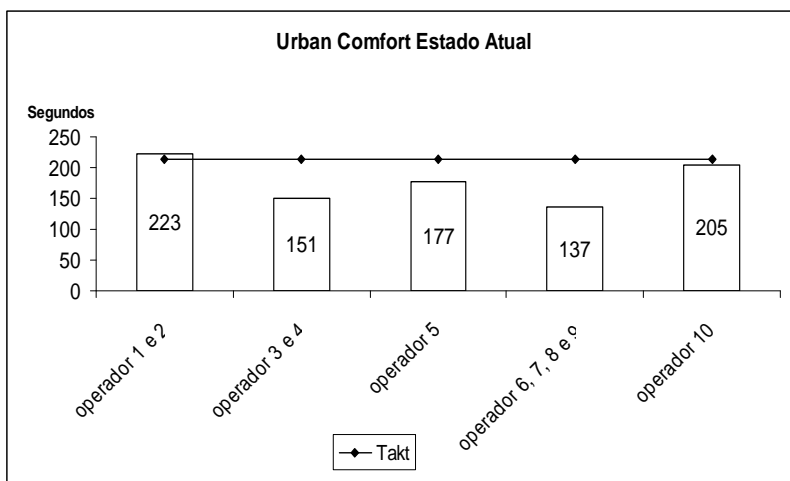


Figura 50 – Balanceamento das operações do membro – Urban Comfort

Fonte: da própria empresa

Para melhor esclarecimento das etapas da seqüência de montagem, tipos e quantidade de postos e quantidade de operadores necessários para a montagem dos subconjuntos Urban Comfort, segue-se uma breve descrição do fluxo de montagem dos subconjuntos de poltronas em questão:

Conforme a tabela 17, as operações 1, 2, 4, 7, 14 e 20 foram eliminadas, pois as mesmas não agregam valor ao produto (ANV) e as atividades 6, 11, 13, 19 e 22 foram minimizadas, pois as mesmas são atividades que não agregam valor porem são necessárias (ANVn).

Os dois primeiros dispositivos de montagem dos subconjuntos de poltrona para este membro são os postos 2 onde são realizadas as operações de 1 a 5 (ensacar) no tempo de 223 segundos por dois colaboradores (op1 e op2) sendo um em que cada posto. O tempo total de processamento das operações 1 a 5 é de 446 segundos, sendo que esta soma extrapola o tempo *takt* em 233 segundos tornando-se um tempo considerável para a montagem dos subconjuntos e que pode acarretar problemas no fluxo de montagem dos subconjuntos bem como no desempenho da produtividade, mas, como há dois postos para realizar tais operações, o tempo para o balanceamento das operações é reduzido pela metade, 223 segundos. Finalizada as operações neste posto, a estrutura é movimentada para os postos 3 lado A ou B dependendo de qual lado estiver livre para receber o conjunto proveniente do posto 2. Neste posto são realizadas as operações de 7 a 10 (grampear superior) por dois colaboradores (op3 e op4) no tempo de 151 segundos, sendo um colaborador em cada posto. O tempo total de processamento das operações 7 a 10 é de 302 segundos, sendo que extrapola o tempo *takt* em 89 segundos tornando-se um tempo considerável para a montagem dos conjuntos e que pode acarretar problemas no fluxo de montagem dos subconjuntos bem como no desempenho da produtividade, mas, como há dois postos para realizar tais operações, o tempo total para o balanceamento das operações é reduzido pela metade, 151 segundos, ficando abaixo do tempo *takt*. Finalizada as operações neste posto, o subconjunto é transportado para o posto 9 onde a atividade 12 (acabamento traseiro) é realizada por um quinto colaborador (op5) no tempo de 177 segundos. Logo em seguida o subconjunto é movimentado para um dos dois os postos 6 lado A ou B dependendo de qual posto estiver livre para receber o conjunto proveniente do posto 9. Nestes postos são realizadas as operações 14 a 18 (montagens do pé e assento) por quatro colaboradores (op6, op7, op8 e op9) sendo que uma dupla executa as operações no posto 6 lado A e outra no posto 6 lado B no

temo de 137 segundos. A necessidade de se ter dois postos 6, é pelo fato de que, a soma do tempo total de processamento das operações 14 a 18 é de 274 segundos sendo que esta soma extrapola o tempo *takt* em 61 segundos, tornando-se um tempo considerável para a montagem dos conjuntos e que pode acarretar problemas no fluxo de montagem dos subconjuntos bem como no desempenho da produtividade, mas, como há dois postos para realizar tais operações o tempo para o balanceamento das operações é reduzido pela metade que é de 137 segundos ficando este, abaixo do tempo *takt*.

No posto 7 são montados dois itens que são agregados no subconjunto pela realização das operações 20 e 21 (grampear assento). Para a montagem destes dois itens há a necessidade de ter um décimo colaborador (op10) que realiza tais operações no tempo de 205 segundos. Finalizada as tarefas neste posto, os dois subconjuntos são movimentados até os postos 6 onde são montados na estrutura.

Conforme as informações das figuras 51 e 52 e as informações da tabela 18 apresenta-se a solução para o fluxo de montagem do membro de poltrona Urban City na cor amarela.

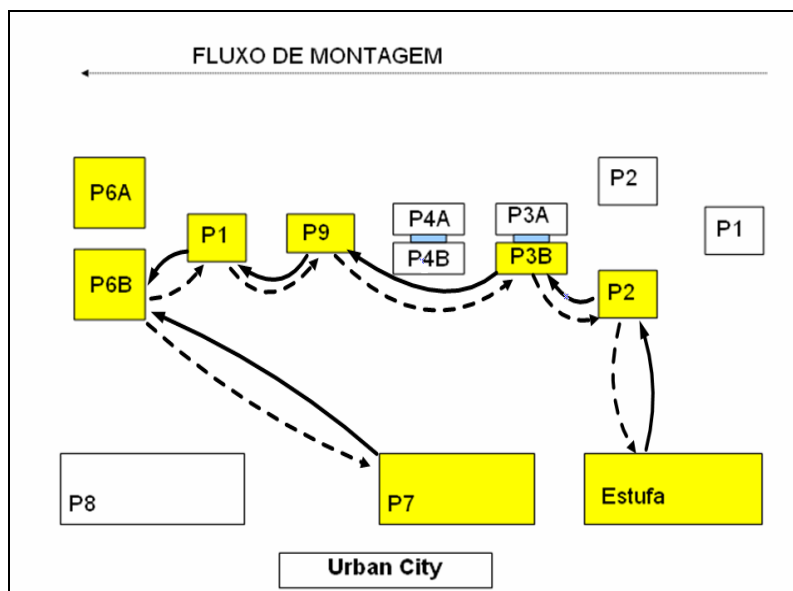


Figura 51 – Fluxo de montagem para o membro – Urban City

Fonte: da própria empresa

Tabela 18 – Balanceamento dos tempos das operações do membro – Urban City

Membro	Posto	Operações	Operadores	Tempo de Ciclo (segundos)	Tempo Utilizado (segundos)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Valor	
Urban City	P2 (ensacar)	1	op1	93	11	Minimizado										ANVh	
		2	op1		40	39	45	40	48	36	40	51	49	40	37	AAV	
		3	op1		42	45	42	44	39	41	42	53	47	42	43	AAV	
	P3 (grampear superior)	4	op2	187	0	Eliminado										ANV	
		5	op2		187	187	190	193	185	184	182	188	187	180	187	AAV	
	P9 (acabamento traseiro)	6	op3	op4	152	0	Eliminado										ANV
		7	op3	op4		152	156	152	157	142	150	148	155	152	158	160	AAV
	P1 (montagem do pega-mão)	8	op5	op6	152	0	Eliminado										ANV
		9	op5	op6		25	Minimizado										ANVh
		10	op5	op6		127	129	127	123	128	127	130	122	120	127	137	AAV
	P6 + P7 (grampear assento e montagens do pé e assento)	11	op7	op8	$(258.2) + 55 = 184$	20	Minimizado										ANVh
		12	op7	op8		43	40	39	43	45	43	43	47	37	43	43	AAV
		13	op7	op8		52	52	50	40	52	56	58	51	49	47	52	AAV
		14	op7	op8		125	125	128	120	123	125	125	130	119	125	133	AAV
		15	op7	op8		18	18	15	11	17	22	23	19	18	18	22	AAV
		16	op9	op10		0	Eliminado										ANV
		17	op9	op10		15	Minimizado										ANVh
		18	op9	op10		40	30	38	40	44	45	40	40	39	37	44	AAV
	Estado Atual		19	op9	op10	0	Eliminado										ANV

Fonte: da própria empresa

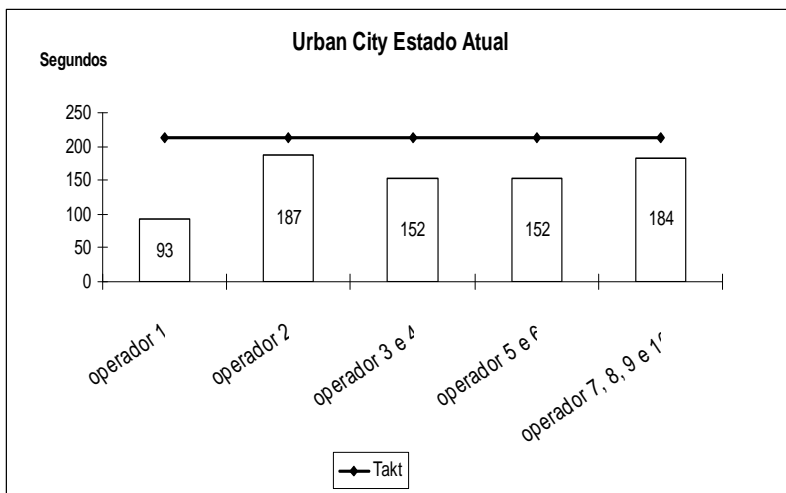


Figura 52 – Balanceamento das operações do membro – Urban City

Fonte: da própria empresa

Para melhor esclarecimento das etapas da seqüência de montagem, tipos e quantidade de postos e quantidade de operadores necessários para a montagem dos subconjuntos Urban City, segue-se uma breve descrição do fluxo de montagem dos subconjuntos de poltronas em questão:

Conforme a tabela 18, as operações 4, 6, 8, 16 e 19 foram eliminadas, pois as mesmas não agregam valor ao produto (ANV) e as atividades 1, 9, 11 e 17 foram minimizadas, pois as mesmas são atividades que não agregam valor porem são necessárias (ANVn).

O primeiro posto de montagem dos subconjuntos de poltrona para este membro é o posto 2. Neste são realizadas as operações de 1 a 3 (ensacar) por um colaborador (op1) no tempo de 93 segundos. Finalizada as operações neste posto, o subconjunto é movimentado até posto 3 lado B onde é realizada a operação 5 (grampear superior) por um segundo colaborador (op2) no tempo de 187 segundos. Finalizada as operações no posto 3 lado B o subconjunto é transportado até o posto 9 onde é realizada a operação 7 (acabamento traseiro) no tempo de 152 segundos por dois colaboradores (op3 e op4) devido à necessidade da ajuda mútua. Em seguida, o subconjunto é transportado para o posto 1 onde as operações 9 e 10 (montagem do pega-mão) são realizadas por dois colaboradores (op5 e op6) no tempo de 152 segundos. Finalizada as operações de montagem neste posto, o subconjunto é movimentado para um dos dois postos 6 lado A ou lado B dependendo de qual posto estiver livre para receber o subconjunto proveniente do posto 9. Nestes postos são realizadas as operações 11 a 15 (montagem do assento e pé) por quatro colaboradores (op7, op8, op9 e op10) sendo que uma dupla executa as operações no posto 6 lado A e a outra no posto 6 lado B no tempo de 129 segundos. A necessidade de se ter dois postos 6 é pelo fato de que a soma do tempo total de processamento das operações 11 a 15 é de 274 e de 258 segundos sendo que esta soma extrapola o tempo *takt* em 45 segundos, tornando-se um tempo considerável para a montagem dos subconjuntos e que pode acarretar problemas no fluxo de montagem, bem como no desempenho da produtividade, mas, como há dois postos para realizar tais operações o tempo para o balanceamento das operações é reduzido pela metade que é de 129 segundos ficando este, abaixo do tempo *takt*.

No posto 7 são montados dois itens que são agregados no subconjunto pela realização das operações 17 e 18 (grampear assento) no tempo de 55 segundos por item. Tendo em vista a ociosidade de mão-de-obra dos colaboradores (op7, op8, op9 e op10), as operações

que são realizadas no posto 7 também são efetuadas pelas mesmas duplas que trabalham nos postos 6, sendo as operações dos dois postos alternadas pelas mesmas duplas, ou seja, uma dupla estará desempenhando as operações no posto 6 depois estará desempenhando as operações no posto 7 o que dependerá da agilidade dos montadores em finalizar a montagem do conjunto. Diante disso, somatório dos tempos dos balanceamentos das operações 11 a 15, 17 e 18 é de 184 segundos por colaborador ficando abaixo do tempo *takt* conforme na figura 52.