

FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”
CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA – UNIVEM
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

GUSTAVO KATSUMOTO SAKAI

**ESTUDO DE TEMPOS E MÉTODOS EM UMA LINHA DE
MONTAGEM DE BICICLETAS ERGOMÉTRICAS**

MARÍLIA
2014

GUSTAVO KATSUMOTO SAKAI

ESTUDO DE TEMPOS E MÉTODOS EM UMA LINHA DE MONTAGEM
DE BICICLETAS ERGOMÉTRICAS

Trabalho de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília – UNIVEM, como requisito necessário para a graduação em Engenharia de Produção.

Orientador:
Prof. Ms. Leandro Menegatti Baraldi

MARÍLIA

2014

Sakai, Gustavo Katsumoto.

Estudo de tempos e métodos em uma linha de montagem de bicicletas ergométricas / Gustavo Katsumoto Sakai; orientador: Prof. Ms. Leandro Menegatti Baraldi . Marília, SP: [s.n.], 2014.

50 f.

Trabalho de Curso (Graduação em Engenharia) - Curso de Engenharia de produção, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília –UNIVEM, Marília, 2014.

1. Cronoanálise 2. Balanceamento 3. *Layout*

CDD: 658.54




FUNDAÇÃO DE ENSINO "EURÍPIDES SOARES DA ROCHA"
Mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília - UNIVEM
Curso de Engenharia de Produção.

Gustavo Katsumoto Sakai - 42509-5


TÍTULO "Estudo de tempos e métodos em uma linha de montagem de bicicletas ergométricas "

Banca examinadora do Trabalho de Curso apresentada ao Programa de Graduação em Engenharia de Produção da UNIVEM, F.E.E.S.R, para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Nota: 9,5

ORIENTADOR: 
Leandro Menegatti Baraldi

1º EXAMINADOR: 
Flavio Jose dos Santos

2º EXAMINADOR: 
Rodrigo Fabiano Ravazi

Marília, 02 de dezembro de 2014.

SAKAI, Gustavo Katsumoto. **Estudo de tempos e métodos em uma linha de montagem de bicicletas ergométricas**. 2014. Trabalho de curso graduação em Engenharia de Produção – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2014.

RESUMO

A presente pesquisa tem como finalidade o “Estudo de tempos e métodos em uma linha de montagem de bicicletas ergométricas”, abordando o tempo em linha de montagem, identificando gargalos produtivos, tempos improdutivos, atrasos na produção, bem como os métodos utilizados no processo de montagem. Além disso, pretende igualmente apontar melhorias, empregando recursos já existentes, pretendendo, assim, a padronização do processo, o balanceamento da linha e as mudanças no *layout*, itens que são de grande peso para a Engenharia de Produção, uma vez que serão aplicadas as técnicas e os métodos desenvolvidos ao longo do curso. O estudo de caso está esquadrihado na linha de montagem de bicicletas ergométricas verticais e horizontais de uma empresa metal metalúrgica no interior do Estado de São Paulo e o interesse por tal ação deveu-se à ocorrência de mudanças no tempo de processamento e no processo de montagem, como a inclusão ou exclusão de novas operações, alteração de produto e variação na taxa de produção, além das operações com tempo ocioso ou sobrecarregado, que representam problemas de eficiência da linha, gerando, portanto, alterações na capacidade.

Palavras Chave: Cronoanálise. Balanceamento. *Layout*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Visão geral de um processo	14
Figura 2 – Divisão do processo em atividades	14
Figura 3 – Divisão da atividade em elementos.....	14
Figura 4 – Tabela de coeficiente distribuição normal	16
Figura 5 – Coeficiente para cálculo do número de cronometragens	16
Figura 6 – Exemplo de combinação entre planejamento antecipado com planejamento contrapedido	18
Figura 7 – Bicicleta Ergométrica vertical.....	23
Figura 8 – Cronômetro centesimal, Folha de observações, Prancheta.....	24
Figura 9 – Processo produtivo do Modelo A.....	24
Figura 10 – Algumas das atividades do processo produtivo da bicicleta modelo - A.....	25
Figura 11 – Layout Atual	30
Figura 12 – Layout Proposto	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Divisão do processo produtivo em atividades.....	25
Tabela 2 - Divisão da atividade guidão em elementos	26
Tabela 3 - Pré-Cronometragens	27
Tabela 4 - Fator de Tolerância.....	28
Tabela 5 - Tempo Padrão para montagem do Modelo – A	29
Tabela 6 - Balanceamento da linha.....	33

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Pré-Cronometragens	15
Equação 2 – Tempo Normal.....	17
Equação 3 – Tempo Padrão	17
Equação 4 – <i>Takt Time</i>	19
Equação 5 - Tempo de ciclo do balanceamento	22
Equação 6 - Número mínimo de montadores	22
Equação 7 - Eficiência do balanceamento de linha	22
Equação 8 - Capacidade Produtiva.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATO	–	<i>Assembly-To-Order</i>
E	–	Eficiência
FT	–	Fator de Tolerância
MTO	–	<i>Make-To-Order</i>
N	–	Número teórico de operadores
NR	–	Número real de operadores
PCP	–	Planejamento e Controle da Produção
TC	–	Tempo Cronometrado
TM	–	Tempo Médio
TN	–	Tempo Normal
TP	–	Tempo Padrão
V	–	Velocidade do operador

Sumário

INTRODUÇÃO.....	9
CAPÍTULO 1 – CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	10
1.1 – Delimitação do tema.....	10
1.2 – Objetivo	10
1.3 – Justificativa.....	10
1.4 – Metodologia.....	10
CAPÍTULO 2 – REFERÊNCIAL TEÓRICO	11
2.1 – Estudo de Tempos e Métodos.....	11
2.2 – Finalidade do Estudo de Tempos e Métodos.....	11
2.3 – Metodologia e Equipamentos para o Estudo de Tempos	12
2.4 – Padronizar a Operação.....	13
2.5 – Tempo Padrão.....	13
2.5.1 – Método da Cronometragem	13
2.5.2 – Segmentação da Operação.....	14
2.5.3 – Pré-Cronometragem.....	15
2.5.4 – Avaliação da Velocidade	16
2.5.5 – Determinação das Tolerâncias.....	16
2.5.6 – Determinação do Tempo Padrão	17
2.6 – O sistema Toyota de Produção	18
2.6.1 – Takt Time	19
2.7 – <i>Layout</i>	19
2.7.1 – Tipos de <i>Layout</i>	20
2.7.2 – Melhoria de <i>Layout</i>	21
2.8 – Balanceamento de Linha	21
CAPÍTULO 3 – ESTUDO DE CASO.....	23
3.1 – A Empresa	23
3.2 – O Produto.....	23
3.3 – Equipamentos Utilizados no Estudo.....	24
3.4 – Estudo de Tempos e Métodos Para o Método Atual	24

3.4.1 – Análise Inicial do Processo Produtivo.....	24
3.4.2 – Divisão do Processo Produtivo em Atividades e Padronização de Montagem.....	25
3.4.3 – Divisão das Atividades em Elementos	26
3.4.4 – Pré-cronometragens para o Método Atual.....	26
3.4.5 – Obtenção do Tempo Padrão do Método Atual	27
3.5 – Análise do Método Atual.....	29
3.5.1 – Tempo Disponível da Linha de Montagem	31
3.5.2 – Cálculo da Capacidade Produtiva.....	31
3.6 – Proposta de Melhoria de Método com Base no <i>Lean Production</i>	32
3.6.1 – Proposta de Balanceamento de Linha de Montagem.....	32
3.6.2 – Proposta de Melhoria de Layout.....	34
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
5 – CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS	38
APÊNDICE A – TABELAS DE ATIVIDADES DIVIDIDAS EM ELEMENTOS E SEUS RESPECTIVOS TEMPOS CRONOMETRADOS.....	40
APÊNDICE B – TABELAS DAS CRONOMETRAGENS PRELIMINARES E SEUS RESPECTIVOS TEMPOS.....	46
APÊNDICE C – TABELAS DAS ATIVIDADES PARA O BALANCEAMENTO DA LINHA.....	51

INTRODUÇÃO

O estudo ora desenvolvido analisará tempos e métodos em uma linha de montagem, sob a ótica de método de dimensionamento de capacidade de produção, permitindo obter melhor aproveitamento dos recursos disponíveis. Ademais, também enfocará a ocorrência de mudanças no processo de montagem, como a inclusão ou exclusão de novas operações, mudanças no tempo de processamento, alteração do produto e variação na taxa de produção, bem como se operações com tempo ocioso ou sobrecarregado representam problemas de eficiência da linha, gerando alterações na capacidade.

CAPÍTULO 1 – CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

1.1 – Delimitação do tema

Estudo de tempos e métodos em uma linha de montagem de bicicletas ergométricas verticais e horizontais.

1.2 – Objetivo

A pesquisa em questão visa a investigar o estudo do tempo em uma linha de montagem, identificando gargalos produtivos e métodos utilizados no processo de montagem, bem como propor melhorias, realizando o balanceamento da linha e sugerindo mudanças no *layout*.

1.3 – Justificativa

O estudo de tempos e métodos em uma linha de montagem de bicicletas ergométricas buscará padronizar a montagem, evitando tempos improdutivos e atrasos; por meio do balanceamento da linha, apontar-se-á, portanto, que é possível empreender um ritmo constante e cíclico na montagem.

1.4 – Metodologia

Primeiramente, será realizada pesquisa bibliográfica para embasamento científico em torno do tema, substanciando a questão com os métodos e as técnicas utilizadas atualmente. A seguir, será realizada pesquisa de campo e o acompanhamento do processo produtivo; na oportunidade, haverá coleta de dados por meio de cronoanálise, para posterior análise dos dados. Com o levantamento desses elementos, serão sugeridas, pois, propostas de ações e melhorias.

CAPÍTULO 2 – REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 – Estudo de Tempos e Métodos

O estudo dos tempos foi pioneiramente desenvolvido por *Frederick Winslow Taylor* nas oficinas da *Midvale Steel Company*, no ano de 1881. Foi com a utilização do cronômetro que deu início a um importante campo da Administração Científica Industrial, conhecido como “Estudo de Tempos”, “Cronoanálise” e “Medida do trabalho”. (TAYLOR, 1995, p.14).

O estudo de movimentos, por sua vez, foi desenvolvido pelo casal *Gilbreth*, os quais mediante suas profissões, Frank Engenheiro e Lillian Psicóloga, conseguiram desenvolver um trabalho que envolvia desde a compreensão do fator humano até o conhecimento de ferramentas, materiais e equipamentos. Desta forma, conseguiram englobar diversos temas, como melhorias na construção civil, fadiga, monotonia, habilidades dos operários e trabalhos para não habilitados, além de técnicas como o gráfico de fluxo do processo e o estudo de micromovimentos e cronociclográfico. (BARNES, 1977, p.11).

De acordo com Contador (2010, p. 121) e Barnes (1977, p.272), o estudo de movimentos e de tempos tem como definição um estudo metodológico de sistemas de trabalho com a finalidade de projetar o melhor método para o ambiente de trabalho, visando na maioria dos projetos a redução de custo, padronização dos métodos de trabalho e determinação do tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando em um ritmo normal, para executar um determinado processo produtivo e orientar o treinamento do montador no método preferido.

De acordo com Heizer (2001, p.56), Martins (2005, p.84) e Barnes (1977, p.4), a cronometragem é um dos métodos mais empregados para medir o trabalho. No qual será apresentado e desenvolvido como forma de analisar uma linha de montagem.

O estudo do tempo está diretamente ligado ao método utilizado de trabalho. Logo então, as duas técnicas se completam na prática e são conhecidas como “Estudo de Tempos e Métodos” e “Estudo de Movimentos e Tempos”.

2.2 – Finalidade do Estudo de Tempos e Métodos

Na ótica de Martins (2005, p. 84) e Barnes (1977, p. 274), a eficiência e os tempos padrões de produção são influenciados pelo tipo do fluxo de material dentro da empresa, pelo

processo escolhido, pela tecnologia utilizada e pelas características do trabalho analisado. Os tempos de produção, com grande intervenção humana, sofrem significativas dificuldades de medir corretamente, uma vez que cada operador tem habilidades, forças e vontades diferentes.

Dentre os principais objetivos de medição do tempo, destacam-se:

- Padronização da montagem, evitando tempos improdutivos e atrasos e permitindo o planejamento e o controle da produção (PCP);
- Levantamento do custo da peça ou equipamento, para compor o orçamento;
- Estimativa do custo de um produto antes do início da fabricação; tais dados servem de informação no preparo de propostas para concorrência e na determinação do preço de venda do produto;
- Avaliação do desempenho de montagem em relação ao padrão existente;
- Levantamento de dados para o estudo de balanceamento de estrutura de montagem;
- Comparação de roteiros de montagem.

2.3 – Metodologia e Equipamentos para o Estudo de Tempos

Os equipamentos básicos à execução do estudo de tempos, em Barnes (1977, p. 274), consistem em: aparelho medidor e equipamentos auxiliares, descritos, nas próximas etapas, por Martins (2005, p. 84).

Os principais métodos atualmente utilizados devem ser escolhidos pelos dados disponíveis, pelos objetivos da medição e por convenção da empresa; são eles:

- Cronômetro centesimal (1min = 100 partes) ou sexagesimal (1min = 60 partes);
- Filmadora;
- Folha de observações;
- Prancheta;
- Calculadora.

2.4 – Padronizar a Operação

A padronização da operação consiste, portanto, em

Encontrar o melhor método de se executar uma operação. Normalmente a tarefa é dividida em trabalhos ou operações específicas, os quais serão descritos em detalhes. O conjunto de movimentos do montador, as dimensões, a forma e a qualidade do material, as ferramentas, os dispositivos, os gabaritos, os calibres e o equipamento, devem ser especificados com clareza. Todos esses fatores, bem como as condições de trabalho do montador, precisam ser conservados depois de haver sido padronizados. Um registro do método padronizado de operação, fornecendo descrição detalhada da operação e das especificações para execução da tarefa, é a maneira mais comum de preservar-se os padrões. (BARNES, 1977, p.4)

2.5 – Tempo Padrão

Os tempos padrões de uma linha de montagem servem como referência para o tempos gastos e para avaliar o desempenho da linha de uma empresa. Há a necessidade da segmentação da operação, do ponto de vista de Martins (2005, p. 85) e Barnes (1977, p. 5), no que tangem às ações de auxílio e registro, devendo-se, também, elaborar o *layout* do ambiente de trabalho.

Os tempos padrões podem ser obtidos por meio de 4 métodos:

- o método da experiência histórica;
- o método dos tempos padrão predeterminados;
- o método da amostragem do trabalho; e
- o método da cronometragem.

2.5.1 – Método da Cronometragem

Na obtenção do tempo padrão de uma operação por cronometragem, é fundamental

(...) realizar uma cronometragem preliminar para obter os dados necessários à determinação do número necessário de cronometragens ou ciclos. Com as cronometragens, determina-se o tempo médio (TM). O estudo deve ainda avaliar o fator de ritmo ou velocidade da operação, tempo normal (TN), tolerâncias para fadiga e para necessidades pessoais. Recomenda-se colocar os

dados obtidos em um gráfico de controle para verificar a sua qualidade. (MARTINS, 2005, p. 85).

2.5.2 – Segmentação da Operação

Projetando facilitar a obtenção de medidas exatamente precisas, a operação pode ser segmentada em elementos menores; ressalte-se, porém, a importância da correta segmentação desses elementos que compõem a operação, tomando-se cuidado para não dividir a operação em muitos ou em poucos elementos (MARTINS 2005, p. 85) e (BARNES 1977, p. 5).

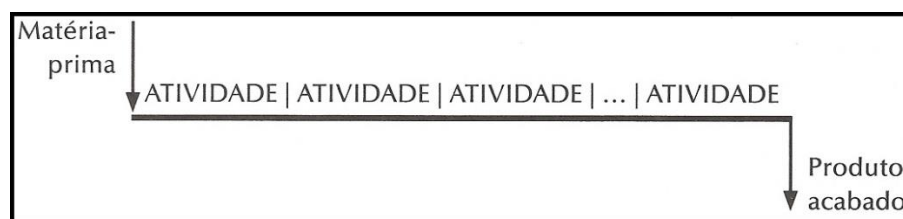
Mais uma vez na compreensão de Contador (2010, p. 122), o estudo de tempos deve iniciar, obedecendo a uma estrutura que parte do geral para o detalhamento, de tal modo que possa ser analisado o processo produtivo como um todo, procurando focalizar as prioridades para a elaboração das particularidades, conforme demonstrado nas figuras 1, 2 e 3 que demonstram a sequência.

Figura 1 – Visão geral de um processo



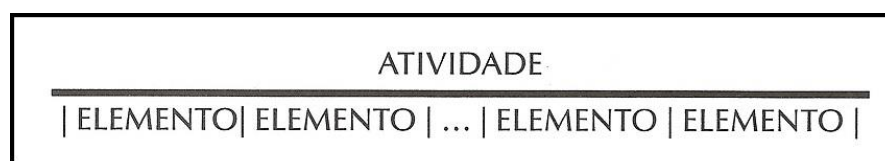
Fonte: Contador (2010, P.122)

Figura 2 – Divisão do processo em atividades



Fonte: Contador (2010, P.122)

Figura 3 – Divisão da atividade em elementos



Fonte: Contador (2010, P.122)

2.5.3 – Pré-Cronometragem

Segundo Barnes (1977, p. 284), o tempo solicitado à montagem dos elementos de uma operação varia, superficialmente, de ciclo para ciclo; mesmo que o montador trabalhe a um ritmo constante, nem sempre executará cada elemento de ciclos consecutivos, precisamente, no mesmo tempo.

As variações no tempo podem resultar de diferenças na posição das peças e ferramentas usadas pelo operador, de variações na leitura do cronômetro e de diferenças possíveis na determinação do ponto exato de término, no qual a leitura deve ser feita. Com matérias-primas altamente padronizadas, ferramentas e equipamentos em boas condições, condições ideais de trabalho e um operador qualificado e bem treinado, a variação nas leituras para um elemento não seria grande, mas, mesmo assim, haveria certa variabilidade. (BARNES, 1977, p. 284)

Assim, na concepção de Martins (2005, p. 85), é necessária a realização de uma pré-cronometragem para a obtenção de dados como amplitude da amostra e média da amostra, para, somente então, deduzir da fórmula seguinte o número n de cronometragens (ou ciclos) a serem cronometrados, conforme a equação 1 e utilizando os dados da figura 4 e 5.

Equação 1 – Pré-Cronometragens

$$n = \left(\frac{z \times R}{E_r \times d_2 \times \bar{x}} \right)^2$$

Onde:

n = número de ciclos a serem cronometrados;

z = coeficiente da distribuição normal padrão para uma probabilidade determinada;

R = amplitude da amostra;

d_2 = coeficiente em função do número de cronometragens realizadas preliminarmente; e

\bar{x} = média da amostra.

Em geral, pelas apreciações de Barnes (1977, p. 285), são empregadas, na prática, probabilidades entre 90% e 95%, e erro relativo variando entre 5% a 10%.

Figura 4 – Tabela de coeficiente distribuição normal

Probabilidade (%)	90	91	92	93	94	95
Z	1,65	1,70	1,75	1,81	1,88	1,96

Fonte: Martins (2005, P.88)

Figura 5 – Coeficiente para cálculo do número de cronometragens

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d ₂	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078

Fonte: Martins (2005, P.88)

2.5.4 – Avaliação da Velocidade

Para Martins (2005, p. 86), a velocidade do montador é determinada pela observação do cronoanalista podem ser um ritmo normal, acelerado, ou normal. E o tempo selecionado pode ser ajustado de forma que um operador qualificado, trabalhando em ritmo normal, possa executar o processo de montagem no tempo determinado. A velocidade normal de montagem enquanto referência recebe um valor 100%.

2.5.5 – Determinação das Tolerâncias

É impossível que o trabalho seja realizado sem interrupções o dia todo; o colaborador da empresa tem suas necessidades pessoais e seus momentos de descanso para aliviar os efeitos da fadiga do trabalho (Martins, 2005, p. 86).

2.5.5.1 – Tolerância Para as Necessidades Pessoais

Para atender às necessidades essenciais do trabalhador, é considerado suficiente um tempo entre 10 e 25 minutos, por dia de trabalho, como tolerância (Martins, 2005, p. 87).

2.5.5.2 – Tolerância Para Alívio da Fadiga

Um dos principais objetivos do estudo de movimentos e de tempos, de acordo com Barnes (1997, p. 456), é reduzir a fadiga dos operadores, de forma a tornar o trabalho fácil e satisfatório.

Para Martins (2005, p. 87) e Barnes (1997, p. 456), a fadiga provém do trabalho realizado e das condições ambientais do posto de trabalho, como o ruído, a iluminação, a temperatura, a umidade, as vibrações e, até mesmo, as cores aplicadas nas paredes, podendo acarretar sensação de cansaço, mudança fisiológica no corpo e a diminuição da capacidade para execução do trabalho.

Por tudo isso, costumam ser utilizadas tolerâncias pra fadiga que variam de um valor de 10% a 50%, sendo que 10% representa um trabalho leve em boas condições do ambiente e 50% estima trabalhos pesados em condições inapropriadas.

No ambiente de trabalho, em escritórios ou fábricas, costuma-se adotar um fator de tolerância: $FT = 1,05$, para os escritórios; e FT variando entre 1,10 e 1,20, para trabalhos de fabricação. Tais fatores são determinados por boas condições do ambiente e por trabalhos com nível de fadiga intermediário.

2.5.6 – Determinação do Tempo Padrão

Depois de obtidas as n cronometragens, baseando-se, mais uma vez, nos estudos de Martins (2005, p. 87), calculam-se, pois:

- a média das n cronometragens, obtendo o tempo cronometrado (TC), ou o tempo médio (TM);
- O tempo normal (TN):

Equação 2 – Tempo Normal

$$TN = TC \times V$$

- O tempo padrão (TP):

Equação 3 – Tempo Padrão

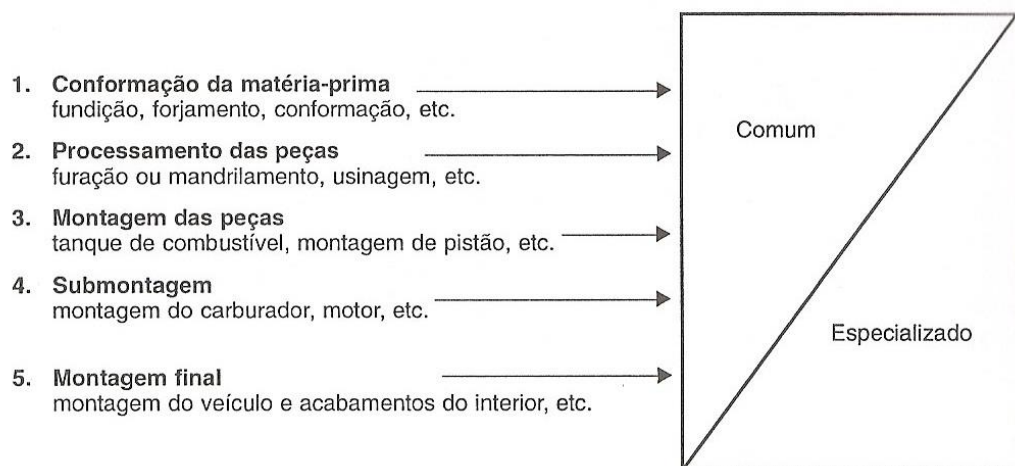
$$TP = TN \times FT$$

2.6 – O sistema Toyota de Produção

O sistema Toyota de Produção (*Toyota Production System*), de acordo com Shingo (1996, p. 129) e Ohno (1997, p. 64) é um sistema que integra o *Lean manufacturing*, *just-in-time*, *kanban* e o nivelamento da produção e tem como principal objetivo: identificar e eliminar perdas, a redução dos custos, aumentar a produtividade e a eficiência, evitar desperdício e superprodução.

Na perspectiva de Shingo (1996, p. 122), o sistema Toyota é a união entre o planejamento antecipado e o planejamento contrapedido, também conhecido como planejamento em resposta à demanda. Processos iniciais, tais como corte, usinagem, soldagem, dentre outros, têm o planejamento de produção conforme pesquisa de mercado e dados de produção; as produções mensal e semanal são planejadas para se adequarem às precisões, mas as programações diárias são determinadas unicamente pelos pedidos. Observando a próxima figura, mencionada por Shingo (1996, p. 124), a produção contrapedido se torna fundamental somente no estágio do processamento, em que os requisitos individuais dos clientes devem ser levados em consideração, na figura 6, podemos observar este detalhamento.

Figura 6 – Exemplo de combinação entre planejamento antecipado com planejamento contrapedido



Fonte: Shingo, 1996, p. 124

Conforme Panitz (2014), caso o planejamento da produção seja a produção contrapedido (*Make-to-Order* – MTO), o tempo de atendimento dos consumidores será

demasiadamente longo, pois a cadeia e o processo produtivo aguardarão o pedido do consumidor para começarem a ser acionados.

Assim, para reduzir os longos tempos de ciclo e atender aos baixos tempos de resposta ao consumidor e contando com uma grande variedade de opções, a melhor escolha do planejamento da produção é do tipo montagem contra pedido (*Assembly-to-Order – ATO*) (Panitz, 2014); no caso, a Cadeia de Suprimentos é acionada com base em previsões, mas os processos de produção e de entrega são acionados apenas a partir de pedidos firmes de venda.

2.6.1 – *Takt Time*

A redução de custos do produto final sem a diminuição da qualidade, portanto, se faz necessária para alcançar resultados no mercado (Maia, 2014). Uma forma de as empresas atingirem a redução de seus custos é a introdução do *Takt Time*, ferramenta da produção enxuta (*lean production*), que permite analisar os desperdícios desde a recepção de matéria-prima até o produto acabado, para, assim, reduzir o excesso de desperdício de tempo.

O *Takt Time*, segundo Shingo (1996, p. 139) e Ohno (1997, p. 112), é a determinação do tempo de fabricação unitário, ou seja, é o tempo necessário para produção de uma peça de produto; e esse tempo é igual ao tempo total disponível de produção pela quantidade demandada pelo cliente.

Equação 4 – *Takt Time*

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ Total\ Disponível\ de\ Produção}{Demanda\ do\ Produto}$$

2.7 – *Layout*

O *Layout* diz respeito à disposição física dos recursos de transformação na organização, ou seja, a forma de disposição do maquinário, postos de trabalho, instalações, áreas de circulação e até mesmo pessoas. Um bom layout atua de forma a aperfeiçoar o ambiente de trabalho e maximizar a funcionalidade do processo produtivo.

De acordo com Martins (2005, p. 137), para elaborar um bom layout deve-se inicialmente planeja-lo com uma visão global, ou seja, como um todo, e em seguida este deve ser detalhado, focando ser ideal e prático. Durante este processo, é necessário o envolvimento

de todas as áreas da empresa, por esta se tratar de uma atividade multidisciplinar, onde a experiência de todos é de extrema relevância.

Além disso, ainda de acordo com Martins (2005, p. 141), algumas informações são essenciais, como as especificações e as características do produto em questão, a quantidade a ser produzida e de materiais a ser utilizada, a sequência de operações e de montagem, o espaço para movimentação do operador, os estoques, o transporte, manutenção e áreas como recebimento e expedição.

Um bom layout permite a redução de espaços, a redução de movimentação, seja de materiais, produtos ou pessoas, além de permitir uma melhor supervisão e por consequência obtenção de qualidade.

2.7.1 – Tipos de *Layout*

De forma geral existem quatro tipos básicos de layout, dos quais a maioria das empresas se baseiam para gerar um layout que atenda particularmente sua necessidade, os chamados de Layouts combinados. Os quatro tipos básicos são: Layout por processo ou funcional, Layout em linha, Layout celular e Layout posicional.

De acordo com Martins (2005, p. 141):

Layout por Processo ou funcional: Este apresenta um layout flexível em relação a mudanças do mercado. Além disso, possui em fluxo longo, sendo adequado a produções diversificadas em pequenas e médias quantidades. Os equipamentos, processos de mesmo tipo e operações semelhantes neste modelo de layout estão dispostos na mesma área.

Layout em Linha: Este é indicado para produção sem grandes diversificações e com quantidades grandes e constantes. Neste as máquinas são dispostas em relação a sequência de operações e o processo não sofre alterações em seu fluxo.

Layout Celular: Este consiste em dispor em um só local as máquinas e equipamentos necessários para fabricar o produto inteiro. Desta forma, apresenta relevante flexibilidade quanto ao tamanho de lotes por produto, o que resulta em alta qualidade e produtividade e redução dos estoques.

Layout Posicional: Este é adequado para a produção de um produto único, em quantidades baixas e unitárias, sendo utilizado para produtos grandes em geral. Neste o material é fixo em certa posição e os recursos se deslocam até ele.

Para a escolha de um layout correto, deve-se basear no volume e na variedade/flexibilidade do processo em questão, uma vez que a medida do volume aumenta mais complexa se torna a administração dos fluxos. Caso a flexibilidade seja simplificada, deve-se optar por um layout de fluxo regular.

2.7.2 – Melhoria de *Layout*

Buscando o aperfeiçoamento de *layout*, a produção deve desenvolver um fluxo de peças unitário, balancear as quantidades, produzir em pequenos lotes e zelar pela sincronização entre os processos (Shingo, 1996, p. 136). A melhoria de *layout* passa por uma etapa fundamental que é a disposição dos processos de produção na linha de acordo com o fluxo do processamento do produto.

Outro arranjo importante, ainda segundo Shingo (1996, p. 136), é a disposição do *layout* como linha de processo comum; ou seja, situação em que a produção de um único produto não é suficiente para um fluxo mensal contínuo, e que os produtos A, B, C e D, no entanto, possuem processos em comum que podem ser organizados em um fluxo contínuo.

Constituem benefícios da melhoria de *layout*:

- Redução do ciclo de produção;
- Diminuição de horas-homem com a redução das esperas de lotes ou processos;
- Mais rapidez do *feedback* em relação à qualidade, para a redução de defeitos;
- Eliminação ou redução das horas-homem de transporte.

2.8 – Balanceamento de Linha

De forma geral, o balanceamento de linha consiste em atribuir tarefas aos postos de trabalhos, objetivando todos estes a utilizarem o mesmo tempo para executar as tarefas propostas e atingindo certa taxa de produção, ou seja, as operações são divididas de forma a nivelar o tempo de produção.

Segundo Martins (2005, p. 145), o balanceamento consiste em:

Primeiramente determinar o tempo de ciclo, o qual mostra o intervalo de tempo entre duas máquinas consecutivas. Este pode ser obtido pela fórmula:

Equação 5 - Tempo de ciclo do balanceamento

$$TC = \frac{\textit{Tempo de produção}}{\textit{quantidade de máquinas no tempo de produção}}$$

Depois de obtido, o próximo passo consiste em determinar o número mínimo de operadores que são necessários para que a produção ocorra teoricamente, o qual pode ser obtido pela equação:

Equação 6 - Número mínimo de montadores

$$N = \frac{\textit{Tempo total para produzir uma máquina na linha}}{\textit{Tempo de ciclo}}$$

Caso o número de operadores seja suficiente para atender os requisitos de produção, deve-se determinar o número real de operadores, o qual é obtido por meio de simulações, onde os trabalhos são distribuídos em postos com a menor quantidade de operadores possíveis, sempre respeitando que o tempo de cada operador deve ser menor ou igual ao TC.

Por fim, calculamos a eficiência do balanceamento, a qual é dada pela equação:

Equação 7 - Eficiência do balanceamento de linha

$$E = \frac{N}{NR}$$

A principal dificuldade encontrada para aplicação do balanceamento é conseguir formar tarefas que possuam o mesmo tempo de realização, uma vez que é difícil dividir tarefas com duração elevadas e agrupar tarefas com curta duração.

O trabalho de balanceamento, quando bem sucedido, resulta em redução de desperdícios de tempos, redução de gargalos improdutivos, redução de mão de obra e maquinário ocioso, além de aumentar a produção e conseqüentemente contribuir para elevação do lucro.

CAPÍTULO 3 – ESTUDO DE CASO

3.1 – A Empresa

O estudo em questão foi realizado em uma empresa do interior paulista, que possui enfoque produtivo no segmento fitness, mais especificamente no setor de montagem de bicicletas.

3.2 – O Produto

Um dos produtos da empresa foco do presente estudo são bicicletas ergométricas. Atualmente, existem 6 (seis) modelos de bicicletas ergométricas em produção, sendo estas verticais ou horizontais, para melhor atender a cada tipo de cliente interessado nesse nicho de mercado. No estudo de caso em questão, será evidenciado o Modelo A; quanto os demais modelos, todos eles são diferentes em acessórios, acabamentos e cores. De acordo com a figura 7, temos uma bicicleta ergométrica vertical da empresa do estudo de caso.

Figura 7 – Bicicleta Ergométrica vertical

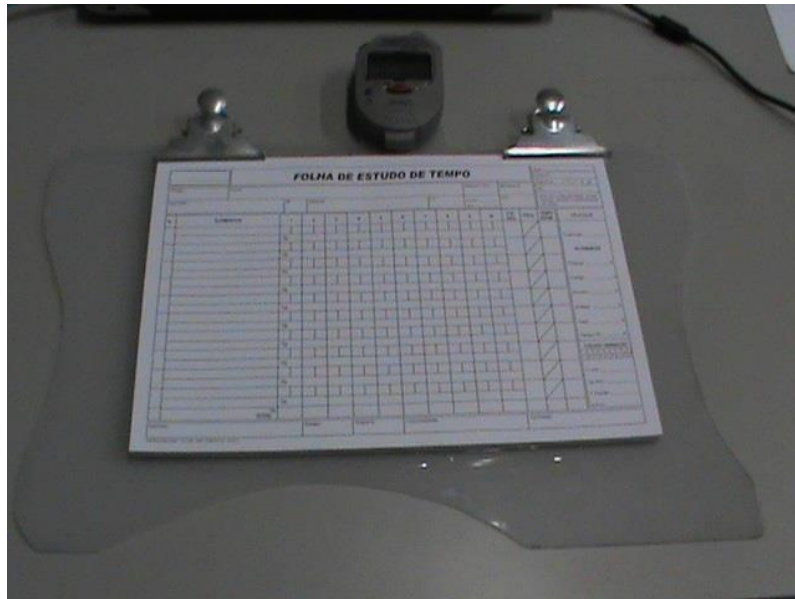


Fonte: A empresa do estudo de caso

3.3 – Equipamentos Utilizados no Estudo

Para o registro do método atual, bem como para a devida coleta de dados, foram utilizados os seguintes equipamentos, de acordo com a figura 8.

Figura 8 – Cronômetro centesimal, Folha de observações, Prancheta.

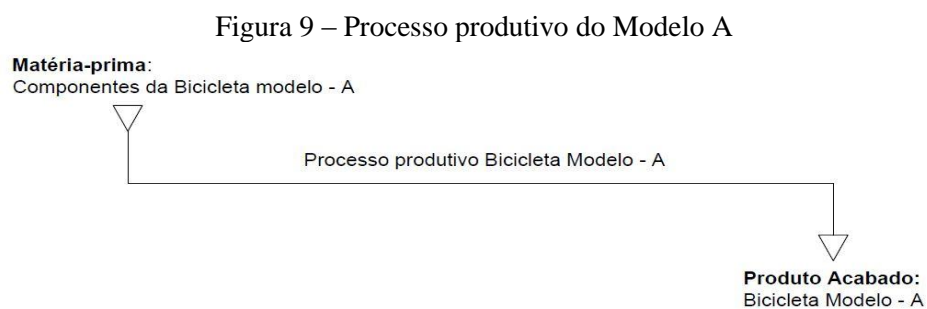


Fonte: A empresa do estudo de caso

3.4 – Estudo de Tempos e Métodos Para o Método Atual

3.4.1 – Análise Inicial do Processo Produtivo

Inicialmente, analisou-se o processo produtivo da bicicleta Modelo – A, como mostra a figura 9.

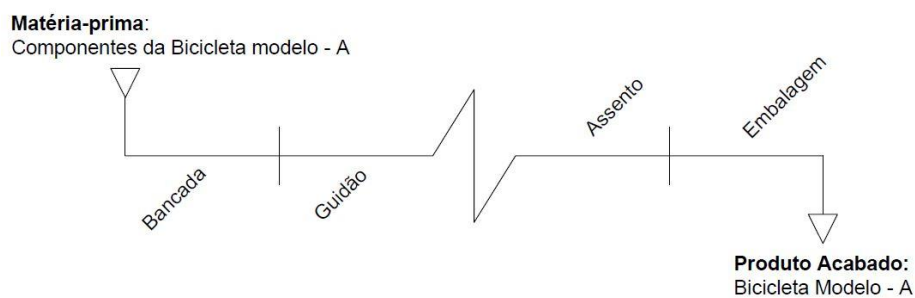


Fonte: Elaborado pelo autor, Adaptado de CONTADOR, 2010, p.122

3.4.2 – Divisão do Processo Produtivo em Atividades e Padronização de Montagem

Divisão do processo produtivo da bicicleta modelo – A em atividades e padronização da montagem, conforme figura 10 e tabela 1.

Figura 10 – Algumas das atividades do processo produtivo da bicicleta modelo - A



Fonte: Elaborado pelo autor, Adaptado de CONTADOR, 2010, p.122

Tabela 1 - Divisão do processo produtivo em atividades

Bicicleta	Modelo - A	Máquina Completa
Atividade		
Início		
Adesivação		
Bancada		
Assento		
Knob laranja		
Porta treco		
Guidão		
Teste e relatório		
Desmontagem		
Embalagem		
Produto acabado		

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4.3 – Divisão das Atividades em Elementos

A divisão das atividades em elementos foi realizada para todo o processo produtivo, na tabela 2, como exemplo têm-se o detalhamento dos elementos de montagem da atividade guidão.

Tabela 2 - Divisão da atividade guidão em elementos

Bicicleta	Modelo - A	Guidão
Elementos		
Início		
Pegar guidão		
Passar o passador de cabo lado direito		
Passar o cabo do <i>hand grip</i> lado direito		
Passar o passador de cabo lado esquerdo		
Passar o cabo do <i>hand grip</i> lado esquerdo		
Fixar <i>hand grip</i>		
Parafusar o <i>hand grip</i>		
Parafusar o apoio dos braços		
Colocar módulo e plugar os cabos		
Parafusar módulo		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observação: o melhor detalhamento das atividades poderá ser vista no apêndice A.

3.4.4 – Pré-cronometragens para o Método Atual

Com o processo produtivo totalmente segmentado em atividades e elementos, foi realizada a tomada de tempos preliminar.

O montador foi orientado a executar a montagem do modelo – A, de forma padrão, seguindo a padronização da operação.

Foram coletadas 5 cronometragens preliminares em diferentes períodos em que o modelo – A encontrava-se em produção. As coletas dos tempos preliminares foram da atividade de bancada, sendo a que possui maior número de elementos e a de maior importância.

Os resultados das 5 cronometragens preliminares podem ser vistos na tabela 3, representados em minutos e centésimos de minutos.

Tabela 3 - Pré-Cronometragens

Bicicleta	Modelo - A	Bancada
Pré-cronometragens (Em minutos e centésimos de minutos)		
Pré-cronometragens x1		25,63
Pré-cronometragens x2		26,13
Pré-cronometragens x3		28,49
Pré-cronometragens x4		27,65
Pré-cronometragens x5		29,91
Total		137,8
Média		27,56

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observação: o detalhamento das pré-cronometragens da atividade bancada e seus respectivos tempos, poderá ser visto no Apêndice B.

3.4.5 – Obtenção do Tempo Padrão do Método Atual

3.4.5.1 – Cálculo do Número de Cronometragens Necessárias

Posteriormente, foram utilizadas o grau de confiança Z , retirado da figura 4, onde Martins (2005, p.88), nos mostra que para uma confiança de 95%, têm-se $Z = 1,96$, para 5 cronometragens deve-se adotar um coeficiente $d_2 = 2,326$, de acordo com a figura 5, e um erro relativo igual à $E_r = 0,05$. A amplitude $R = x_5 - x_1$, ou seja, $R = 29,91 - 25,63 = 4,28$.

Aplicando os dados na Equação 1, temos:

$$n = \left(\frac{1,96 \times 4,28}{0,05 \times 2,326 \times 27,56} \right)^2 = 6,849 \cong 7,0$$

Com o cálculo de cronometragens necessárias, $n = 7$, faz-se necessário 2 cronometragens complementares para a obtenção de uma média confiável, porém a empresa do estudo de caso pede de 3 a 5 medidas de tempo e com confiança nas 5 pré-cronometragens e suas médias, utilizou-se as mesmas para o cálculo do tempo normal.

3.4.5.2 – Cálculo do Tempo Normal (TN)

A média obtida das pré-cronometragens, adotada como tempo de cronometrado, ou tempo médio, foi utilizada na fórmula para obtenção do tempo normal, a velocidade do operador, de acordo com o cronoanalista da empresa em estudo, foi de 100%.

Resultando, a partir da equação 2, em

$$TN = 27,56 \times 100\% = 27,56 \text{ minutos}$$

3.4.5.3 – Cálculo do Tempo Padrão (TP)

Depois de calculado o tempo normal, calcula-se o tempo padrão, através do acréscimo do fator de tolerância (FT). Conforme tabela 4, temos:

Tabela 4 - Fator de Tolerância

Tolerâncias			
Setor	Pessoal	Fadiga	Total
Bicicletas Ergométricas	5	13	18

Fonte: A empresa do estudo de caso, adaptado pelo autor.

A partir da equação 3, obtêm-se:

$$TP = 27,56 \times 1,18 = 32,52$$

Este é o tempo padrão de montagem da atividade bancada, acrescido do fator de tolerância, utilizado pela empresa para este setor.

Tabela 5 - Tempo Padrão para montagem do Modelo – A

Bicicleta	Modelo - A	Máquina Completa	Tempo Normal (Centésimos de minutos)	Tempo Padrão (Centésimos de minutos)
Atividade				
Início			0	0
Adesivação			497	586
Bancada			2756	3252
Assento			207	244
Knob laranja			83	98
Porta treco			124	146
Guidão			683	806
Teste e relatório			414	489
Desmontagem			627	740
Embalagem			518	611
Produto acabado			331	391
			6240	7363
Tempo total em minutos e centésimos de minutos			62,40	73,63

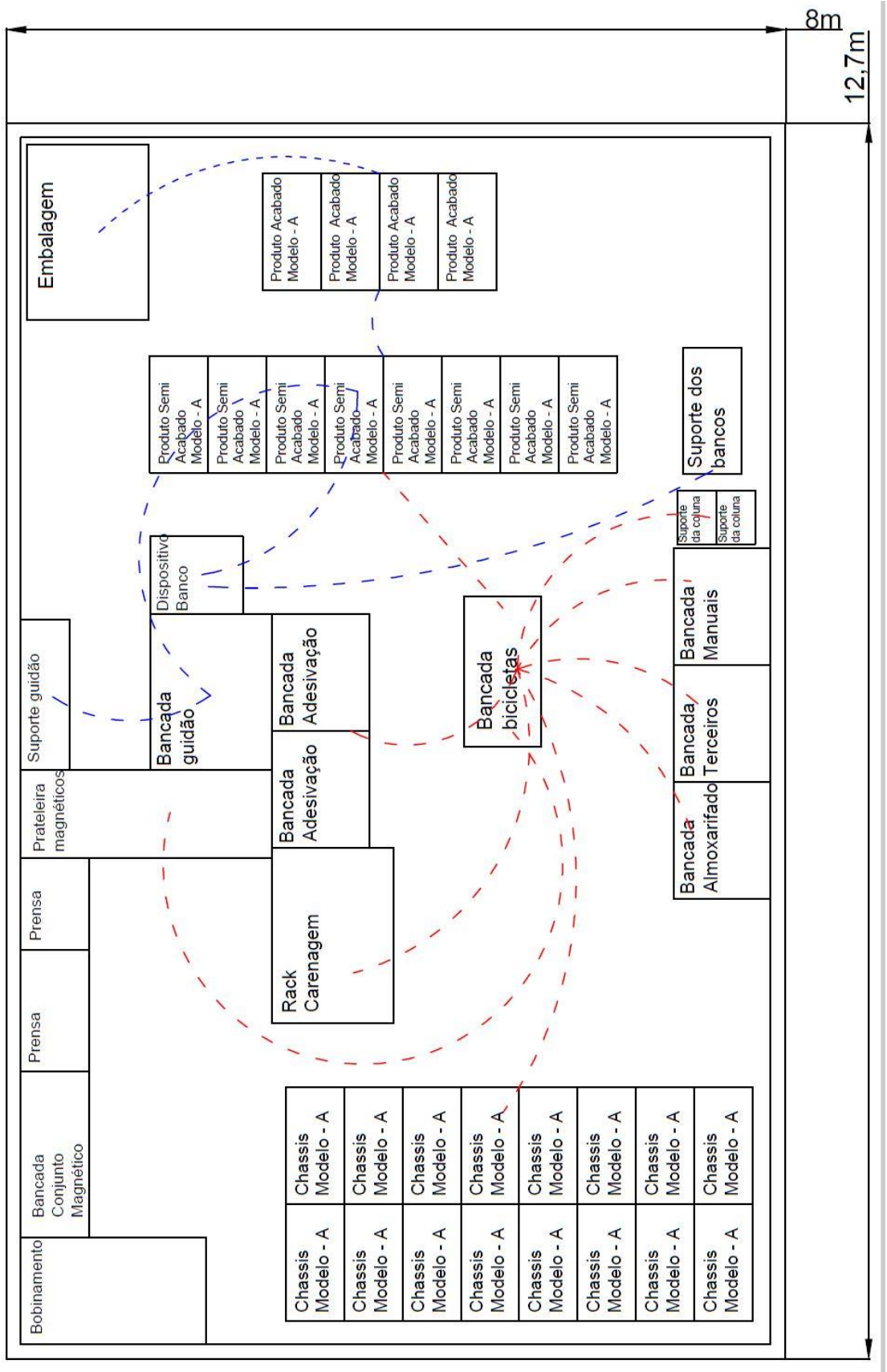
Fonte: Elaborado pelo autor

Observação: o detalhamento das atividades e seus respectivos tempos padrões os quais compõem uma máquina completa do Modelo – A, podem ser vistas no apêndice – A.

3.5 – Análise do Método Atual

A análise do método atual ocorre a partir do *layout* atual, como mostra a figura 11. No *layout* atual podemos observar a movimentação para a produção da bicicleta de modelo – A, bem como o espaço físico que a linha de bicicletas ergométricas ocupa, que corresponde a uma área de 101,6 m².

Figura 11 – Layout Atual



Fonte: Elaborado pelo autor

3.5.1 – Tempo Disponível da Linha de Montagem

O regime de trabalho da empresa do estudo de caso é de:

Segunda à sexta das 07h às 17h18min com 1h30min de intervalo para almoço compreendido das 11h30min às 13h.

Todos os dias antes de começarem o trabalho os montadores realizam a ginástica laboral que dura cerca de 18 minutos, e um período total de 30 minutos para necessidades pessoais e alívio da fadiga.

Então o tempo disponível total é de:

$$528 \text{ minutos} - 18 \text{ minutos} - 30 \text{ minutos} = \frac{480 \text{ minutos}}{\text{dia}}$$

3.5.2 – Cálculo da Capacidade Produtiva

Equação 8 - Capacidade Produtiva

$$\frac{\text{Tempo disponível total}}{\text{Tempo Padrão Modelo A}} = \frac{\frac{480 \text{ minutos}}{\text{dia}}}{\frac{73,63 \text{ minutos}}{\text{Bicicletas Modelo A}}} = 6,51 \cong \frac{6 \text{ Bicletas Modelo A}}{\text{dia}}$$

Tomando como referência um mês com 22 dias úteis, tem-se:

$$\frac{132 \text{ bicicletas Modelo A}}{\text{Mês}}$$

Na atual linha de produção de bicicletas com um montador a capacidade produtiva é de 132 bicicletas/mês.

3.6 – Proposta de Melhoria de Método com Base no *Lean Production*

A proposta de melhoria com base no *Lean Production*, de acordo com Shingo (1996, p.139), é fundamentada através do *Takt Time*, ou seja, a demanda da bicicleta Modelo – A no mercado que define o tempo de fabricação unitário do produto. O balanceamento da linha para a adequação do tempo de fabricação do produto, bem com a melhoria de *layout*, tem grande importância para que a produção seja flexível, acompanhando assim a demanda do produto.

Com uma demanda, para determinado mês do ano, de bicicletas ergométricas Modelo – A de 310 máquinas, ou 14 máquinas/dia, tem-se a partir da equação 4 que:

$$Takt\ Time = \frac{\frac{480\ minutos}{dia}}{\frac{14\ máquinas}{dia}} = \frac{34,28\ minutos}{máquina}$$

3.6.1 – Proposta de Balanceamento de Linha de Montagem

A proposta de balanceamento de linha ocorre para que o tempo padrão de montagem se adeque ao *Takt Time*. Para a linha de montagem foi proposto a divisão do processo produtivo em 2 montadores, devidamente balanceado, como mostra a tabela 6, e utilizando das equações 5, temos:

$$TC = \frac{\frac{480\ minutos}{dia}}{\frac{14\ máquinas}{dia}} = \frac{34,28\ minutos}{máquina}$$

Neste caso temos que TC, ou seja, tempo de ciclo do balanceamento de linha, igual ao *takt Time*, para atender a demanda.

Utilizando o dado obtido da equação 5, na equação 6 temos:

$$N = \frac{73,63 \text{ minutos}}{34,28 \text{ minutos}} = 2,15 \text{ montadores}$$

Para efeito de cálculo utilizaremos o dado obtido da equação 6, na equação 7, para então acharmos a eficiência do balanceamento:

$$E = \frac{2,15}{2} = 1,075$$

Temos então um balanceamento de linha bem equilibrado de acordo com o dado da equação 7.

Tabela 6 - Balanceamento da linha

Balanceamento da Linha de Montagem Bicicleta			
Montador 1		Montador 2	
Atividade	Tempo (s)	Atividade	Tempo(s)
Adesivação	533	Assento	244
Bancada	2728	Knob laranja	98
Porta treco	135	Guidão	683
	3396	Teste e relatório	489
Tempo total em minutos e centésimos de minutos	33,96	Desmontagem	740
		Embalagem	611
		Produto acabado	256
		Montar Esticador da correia	311
			3432
		Tempo total em minutos e centésimos de minutos	34,32

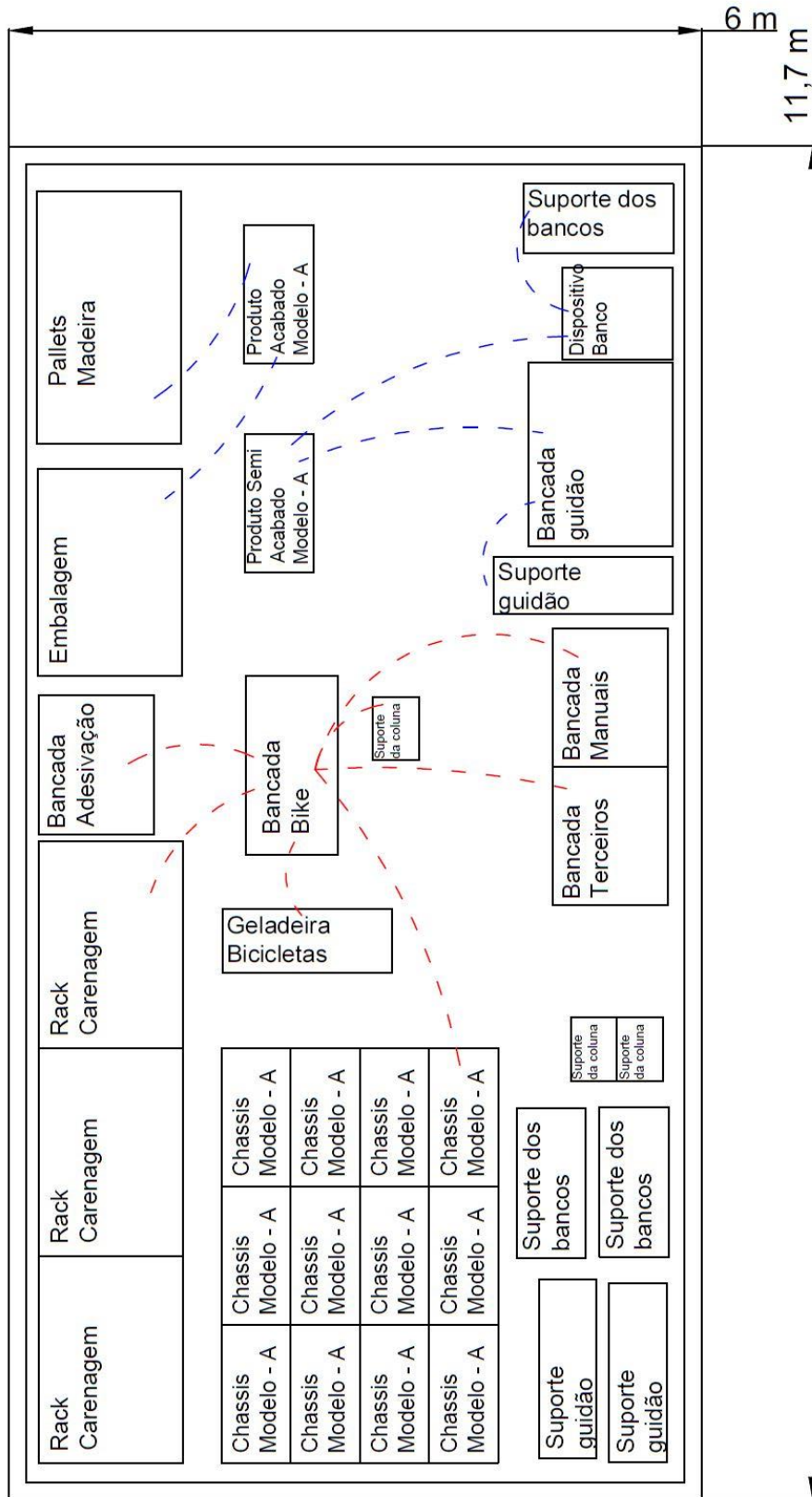
Fonte: Elaborado pelo autor

Observação: o melhor detalhamento do balanceamento da linha de montagem poderá ser visualizada no apêndice C.

3.6.2 – Proposta de Melhoria de *Layout*

Nesta proposta de melhoria de *Layout*, foi tomado como base a redução do espaço físico para uma área de 70,2 m² e o posicionamento das etapas de montagem das atividades de modo a formar um fluxo contínuo na linha de montagem de bicicletas, foi também agregado ao *Layout* proposto uma determinada área onde serão armazenados os *pallets* de madeira, para facilitar a movimentação dos produtos acabados, reduzindo assim o tempo desta atividade, como mostra a figura 12.

Figura 12 – Layout Proposto



Fonte: Elaborado pelo autor

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao analisar o método atual temos uma produtividade de 6 máquinas / homem x dia, um espaço físico do setor de bicicletas com área de 101,6 m². no método proposto, então temos que a produtividade alcançará 7 máquinas / homem x dia. E o espaço físico como uma área de 70,2 m².

Com isso temos uma melhora na produtividade de 16,67%, lembrado que a produção alcançada tende a atender a demanda, sem qualquer tipo de super produção ou estoque. O espaço físico proposto tem uma redução de aproximadamente 30%, melhorando a distribuição da linha, organização e diminuindo a movimentação dentro da linha.

A empresa do estudo de caso em questão tendo a sua demanda variável, poderá alterar o balanceamento de linha, bem com o *layout*, utilizando com base o método proposto. Caso houver um aumento na demanda, o gargalo produtivo, a atividade bancada, da montagem da bicicleta ergométrica modelo – A, deverá ser levado em consideração. O estudo de caso tomou como foco a atividade bancada para que seja possível futuramente o balanceamento de linha dividindo a atividade bancada em mais de uma atividade.

5 – CONCLUSÃO

A meta do presente trabalho foi atingida, onde foram sugeridas propostas de melhoria para a linha de montagem de bicicletas ergométricas em questão, as quais envolveram o balanceamento da linha e melhoria de *layout*, baseando-se na aplicação do estudo de tempos e métodos e conceitos do Sistema Toyota de Produção.

O balanceamento de linha proposto teve como objetivo a adequação da produção dos equipamentos em relação à demanda. O *layout*, por sua vez, foi elaborado mediante tal balanceamento de linha. Em ambos os casos, tendo em vista uma demanda variável, as propostas sugeridas devem sempre se adequar a realidade encontrada, onde o balanceamento deve ser feito de forma a atender satisfatoriamente a produção e o *layout* de forma a se adequar neste balanceamento, zelando sempre pela sincronização do processo e redução do ciclo de produção.

Por meio destas, procura-se através da melhoria contínua buscar resultados satisfatórios de melhoria no processo, de forma a aumentar a capacidade produtiva e reduzir problemas como a fadiga do operador, gargalos improdutivos, tempos ociosos, defeitos e produção excessiva, assegurando a qualidade destes produtos e atendendo satisfatoriamente as necessidades dos clientes. Além disso, caso obtidos resultados satisfatórios, futuramente o modelo proposto será estendido para as outras linhas de montagem existentes nesta organização.

REFERÊNCIAS

BARNES, Ralph M.. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho.** São Paulo: Edgard Blücher. 1977.

BERTALOT, Fabio. **Estudo de tempos e métodos na fabricação de caixas acústicas amplificadas.** Disponível em <<http://engenharia.anhembibr/tcc-09/prod-13.pdf>>. Acesso em 08 de nov. 2014

CONTADOR, José Celso. **Gestão de operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa.** 3ª ed. São Paulo: Blucher. 2010.

HEIZER, Jay; RENDER, Barry. **Administração de Operações: Bens e serviços.** Livros Técnicos e Científicos, Ltc Editora, 2001.

MAIA, Marcel Fischer; BARBOSA, Wanderson Marota. **Estudo da Utilização da ferramenta Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) para eliminação dos desperdícios da produção.** Disponível em: <<http://www.ufv.br/dep/engprod/TRABALHOS%20DE%20GRADUACAO/MARCEL%20FISCHER%20MAIA%20-%20WANDERSON%20MAROTA%20BARBOSA/Trablho%20de%20Gradua%C3%A7%C3%A3o%20Final.pdf>>. Acesso em 08 nov. 2014

MARTINS, Petrônio Garcia. LAUGENI, Fernando P.. **Administração da produção.** 2. ed. São Paulo: Saraiva. 2005

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção : além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997

PANITZ, Carlos E.. **Depois da tormenta a visão sobre sua Cadeia de Suprimentos será a mesma?** Disponível em: <http://www.shrbs-rs.org.br/index.php?pagina=dicas_negocio_detalhe&id=67>. Acesso em 07 nov. 2014.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção.** 2.ed. Porto Alegre : Artmed, 1996.

SELEME, Robson. **Métodos e tempos: racionalizando a produção de bens e serviços.** Curitiba: Ibplex, 2009.

SLACK, Nigel & CHAMBERS, Stuart & JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas. 2002.

TAYLOR, Frederick W.. **Princípios da Administração Científica**. São Paulo : Atlas. 1995.

Apêndice A – Tabelas de atividades divididas em elementos e seus respectivos tempos cronometrados.

Tabela I - Linha de Montagem Bicicleta			
Bicicleta	Modelo - A	Bancada	Tempo (Centésimos de minutos)
Elementos			
Início			0
Pegar Chassi			31
Rebite e fixar pé regulável			207
Colocar bicicleta na bancada			10
Colocar tampão			114
Colocar 2 roldanas frontais			155
Fixar eixo do pedal com rolamento e flange (dispositivo)			166
Fixar eixo intermediário (dispositivo)			93
Fixar volante			145
Fixar polia plástica			145
Colocar polia intermediária			104
Colocar correia			31
Montar esticador da correia			311
Colocar parafuso + esticador da correia			41
Fixar conjunto magnético			197
Pegar coluna			41
Passar cabo e regulador de carga na coluna			41
Prender o ajuste de carga no conjunto magnético			62
Prender o imã leitor de velocidade			145
Prender cabo			83
Pegar carenagem			21
Serrar			31
Colocar carenagem na bicicleta			41
Fixar coluna			124
Fixar acabamento da carenagem + borracha			145
Montar pé de vela			93
Colocar pé de vela			104
Colar etiqueta			21
Colocar no chão.			62
			2765
Tempo total em minutos e centésimos de minutos			27,65

Fonte: o autor

Tabela II - Linha de Montagem Bicicleta			
Bicicleta	Modelo - A	Adesivação	Tempo (Centésimos de minutos)
Elementos			
Início			0
Pegar carenagem			21
Adesivar lado direito 3 peças			166
Adesivar logo marca 3 peças			145
Adesivar lado esquerdo 3 peças			166
			497
Tempo total em minutos e centésimos de minutos			4,97

Fonte: o autor

Tabela III - Linha de Montagem Bicicleta			
Bicicleta	Modelo - A	Assento	Tempo (Centésimos de minutos)
Elementos			
Início			0
Pegar banco			10
Retirar porca e arruela			41
Pegar estrutura do banco			10
Fixar porca e arruela			62
Colocar bucha deslizante 40 x 40			41
Colocar bucha deslizante 30 x 30			41
			207
Tempo total em minutos e centésimos de minutos			2,07

Fonte: o autor

Tabela IV - Linha de Montagem Bicicleta			
Bicicleta	Modelo - A	Guidão	Tempo (Centésimos de minutos)
Elementos			
Início			0
Pegar guidão			21
Passar o passador de cabo lado direito			31
Passar o cabo do <i>hand grip</i> lado direito			31
Passar o passador de cabo lado esquerdo			31
Passar o cabo do <i>hand grip</i> lado esquerdo			31
Fixar <i>hand grip</i>			62
Parafusar o <i>hand grip</i>			62
Parafusar o apoio dos braços			228
Colocar módulo e plugar os cabos			104
Parafusar módulo			83
			683
Tempo total em minutos e centésimos de minutos			6,83

Fonte: o autor

Tabela V - Linha de Montagem Bicicleta			
Bicicleta	Modelo - A	Knob laranja	Tempo (Centésimos de minutos)
Elementos			
Início			0
Pegar knob laranja			10
Pegar trava do knob			10
Pegar eixo do knob			10
Pegar mola do knob			10
Montar			41
			83
Tempo total em minutos e centésimos de minutos			0,83

Fonte: o autor

Tabela VI - Linha de Montagem Bicicleta			
Bicicleta	Modelo - A	Porta treco	Tempo (Centésimos de minutos)
Elementos			
Início			0
Fixar suporte porta treco esquerdo			41
Fixar suporte porta treco direito			41
Porta treco			41
			124
Tempo total em minutos e centésimos de minutos			1,24

Fonte: o autor

Tabela VII - Linha de Montagem Bicicleta			
Bicicleta	Modelo - A	Teste e Relatório	Tempo (Centésimos de minutos)
Elementos			
Início			0
Teste visual e funcional			248
Verificação do manual			41
Preenchimento do relatório			72
Liberação			52
			414
Tempo total em minutos e centésimos de minutos			4,14

Fonte: o autor

Tabela VIII - Linha de Montagem Bicicleta			
Bicicleta	Modelo - A	Desmontagem	Tempo (Centésimos de minutos)
Elementos			
Início			0
Colocar plástico bolha no módulo			41
Retirar módulo			41
Fita papel nos cabos			16
Amarrar módulo com cinta			186
Soltar coluna			62
Colocar <i>cad tube</i> na ponta da coluna			41
Posicionar a coluna no pedal direito			62
Prender com cinta a coluna			72
Colocar 4 parafusos			104
			627
Tempo total em minutos e centésimos de minutos			6,27

Fonte: o autor

Tabela IX - Linha de Montagem Bicicleta			
Bicicleta	Modelo - A	Embalagem	Tempo (Centésimos de minutos)
Elementos			
Início			0
Pegar caixa de papelão			21
Abrir caixa			62
Fechar fundo			72
Passar silicone			21
Colocar bicicleta dentro			72
Fazer apontamento			155
Colocar etiqueta na embalagem			41
Fechar frente			72
			518
Tempo total em minutos e centésimos de minutos			5,18

Fonte: o autor

Tabela X - Linha de Montagem Bicicleta			
Bicicleta	Modelo - A	Produto acabado	Tempo (Centésimos de minutos)
Elementos			
Início			0
Pegar <i>pallet</i>			124
Colocar caixas no <i>pallet</i>			104
Levar para área de produto acabado			104
			331
Tempo total em minutos e centésimos de minutos			3,31

Fonte: o autor

Tabela XI - Linha de Montagem Bicicleta			
Bicicleta	Modelo - A	Máquina Completa	Tempo (Centésimos de minutos)
Atividade			
Início			0
Adesivação			497
Bancada			2765
Assento			207
Knob laranja			83
Porta treco			124
Guidão			683
Teste e relatório			414
Desmontagem			627
Embalagem			518
Produto acabado			331
			6249
Tempo total em minutos e centésimos de minutos			62,49

Fonte: o autor

Apêndice B – Tabelas das cronometragens preliminares e seus respectivos tempos.

Tabela XII - Linha de Montagem Bicicleta			
Bicicleta	Modelo - A	Bancada	Tempo (Centésimos de minutos)
Elementos			
Início			0
Pegar Chassi			31
Rebite e fixar pé regulável			207
Colocar bicicleta na bancada			10
Colocar tampão			114
Colocar 2 roldanas frontais			155
Fixar eixo do pedal com rolamento e flange (dispositivo)			166
Fixar eixo intermediário (dispositivo)			93
Fixar volante			145
Fixar polia plástica			145
Colocar polia intermediária			104
Colocar correia			31
Montar esticador da correia			311
colocar parafuso + esticador da correia			41
Fixar conjunto magnético			197
Pegar coluna			41
Passar cabo e regulador de carga na coluna			41
Prender o ajuste de carga no conjunto magnético			62
Prender o imã leitor de velocidade			145
Prender cabo			83
Pegar carenagem			21
Serrar			31
Colocar carenagem na bicicleta			41
Fixar coluna			124
Fixar acabamento da carenagem + borracha			145
Montar pé de vela			93
Colocar pé de vela			104
Colar etiqueta			21
Colocar no chão			62
			2765
Tempo total em minutos e centésimos de minutos			27,65

Fonte: o autor

Tabela XIII - Linha de Montagem Bicicleta			
Bicicleta	Modelo - A	Bancada	Tempo (Centésimos de minutos)
Elementos			
Início			0
Pegar Chassi			29
Rebite e fixar pé regulável			198
Colocar bicicleta na bancada			10
Colocar tampão			104
Colocar 2 roldanas frontais			133
Fixar eixo do pedal com rolamento e flange (dispositivo)			154
Fixar eixo intermediário (dispositivo)			85
Fixar volante			140
Fixar polia plástica			137
Colocar polia intermediária			97
Colocar correia			28
Montar esticador da correia			281
colocar parafuso + esticador da correia			39
Fixar conjunto magnético			175
Pegar coluna			37
Passar cabo e regulador de carga na coluna			29
Prender o ajuste de carga no conjunto magnético			59
Prender o ímã leitor de velocidade			141
Prender cabo			81
Pegar carenagem			18
Serrar			28
Colocar carenagem na bicicleta			37
Fixar coluna			119
Fixar acabamento da carenagem + borracha			136
Montar pé de vela			88
Colocar pé de vela			101
Colar etiqueta			20
Colocar no chão			59
			2563
Tempo total em minutos e centésimos de minutos			25,63

Fonte: o autor

Tabela XIV - Linha de Montagem Bicicleta			
Bicicleta	Modelo - A	Bancada	Tempo (Centésimos de minutos)
Elementos			
Início			0
Pegar Chassi			28
Rebite e fixar pé regulável			197
Colocar bicicleta na bancada			9
Colocar tampão			108
Colocar 2 roldanas frontais			147
Fixar eixo do pedal com rolamento e flange (dispositivo)			152
Fixar eixo intermediário (dispositivo)			91
Fixar volante			141
Fixar polia plástica			137
Colocar polia intermediária			99
Colocar correia			30
Montar esticador da correia			306
colocar parafuso + esticador da correia			38
Fixar conjunto magnético			179
Pegar coluna			40
Passar cabo e regulador de carga na coluna			44
Prender o ajuste de carga no conjunto magnético			61
Prender o ímã leitor de velocidade			134
Prender cabo			79
Pegar carenagem			19
Serrar			28
Colocar carenagem na bicicleta			38
Fixar coluna			109
Fixar acabamento da carenagem + borracha			139
Montar pé de vela			89
Colocar pé de vela			96
Colar etiqueta			18
Colocar no chão			57
			2613
Tempo total em minutos e centésimos de minutos			26,13

Fonte: o autor

Tabela XV - Linha de Montagem Bicicleta			
Bicicleta	Modelo - A	Bancada	Tempo (Centésimos de minutos)
Elementos			
Início			0
Pegar Chassi			31
Rebite e fixar pé regulável			217
Colocar bicicleta na bancada			12
Colocar tampão			115
Colocar 2 roldanas frontais			163
Fixar eixo do pedal com rolamento e flange (dispositivo)			169
Fixar eixo intermediário (dispositivo)			93
Fixar volante			144
Fixar polia plástica			141
Colocar polia intermediária			105
Colocar correia			33
Montar esticador da correia			327
colocar parafuso + esticador da correia			47
Fixar conjunto magnético			199
Pegar coluna			43
Passar cabo e regulador de carga na coluna			44
Prender o ajuste de carga no conjunto magnético			68
Prender o ímã leitor de velocidade			149
Prender cabo			89
Pegar carenagem			23
Serrar			35
Colocar carenagem na bicicleta			41
Fixar coluna			130
Fixar acabamento da carenagem + borracha			141
Montar pé de vela			96
Colocar pé de vela			108
Colar etiqueta			22
Colocar no chão			64
			2849
Tempo total em minutos e centésimos de minutos			28,49

Fonte: o autor

Tabela XVI - Linha de Montagem Bicicleta			
Bicicleta	Modelo - A	Bancada	Tempo (Centésimos de minutos)
Elementos			
Início			0
Pegar Chassi			33
Rebite e fixar pé regulável			219
Colocar bicicleta na bancada			12
Colocar tampão			118
Colocar 2 roldanas frontais			169
Fixar eixo do pedal com rolamento e flange (dispositivo)			176
Fixar eixo intermediário (dispositivo)			99
Fixar volante			148
Fixar polia plástica			151
Colocar polia intermediária			109
Colocar correia			40
Montar esticador da correia			328
Colocar parafuso + esticador da correia			50
Fixar conjunto magnético			201
Pegar coluna			51
Passar cabo e regulador de carga na coluna			46
Prender o ajuste de carga no conjunto magnético			69
Prender o ímã leitor de velocidade			148
Prender cabo			93
Pegar carenagem			24
Serrar			38
Colocar carenagem na bicicleta			50
Fixar coluna			167
Fixar acabamento da carenagem + borracha			146
Montar pé de vela			98
Colocar pé de vela			123
Colar etiqueta			22
Colocar no chão			63
			2991
Tempo total em minutos e centésimos de minutos			29,91

Fonte: o autor

Apêndice C – Tabelas das atividades para o balanceamento da linha

Tabela XVII - Linha de Montagem Bicicleta			
Bicicleta	Modelo - A	Bancada	Tempo (Centésimos de minutos)
Elementos			
Início			0
Pegar Chassi			33
Rebite e fixar pé regulável			242
Colocar bicicleta na bancada			12
Colocar tampão			130
Colocar 2 roldanas frontais			179
Fixar eixo do pedal com rolamento e flange (dispositivo)			189
Fixar eixo intermediário (dispositivo)			106
Fixar volante			50
Fixar polia plástica			169
Colocar polia intermediária			122
Colocar correia			37
Montar esticador da correia			0
Colocar parafuso + esticador da correia			49
Fixar conjunto magnético			222
Pegar coluna			46
Passar cabo e regulador de carga na coluna			49
Prender o ajuste de carga no conjunto magnético			73
Prender o imã leitor de velocidade			168
Prender cabo			98
Pegar carenagem			24
Serrar			37
Colocar carenagem na bicicleta			49
Fixar coluna			147
Fixar acabamento da carenagem + borracha			170
Montar pé de vela			110
Colocar pé de vela			122
Colar etiqueta			24
Colocar no chão			73
			2728
Tempo total em minutos e centésimos de minutos			27,28

Fonte: o autor

Tabela XVIII - Linha de Montagem Bicicleta			
Bicicleta	Modelo - A	Produto acabado	Tempo (Centésimos de minutos)
Elementos			
Início			0
Pegar <i>pallet</i>			10
Colocar caixas no <i>pallet</i>			104
Levar para área de produto acabado			104
			217
Tempo total em minutos e centésimos de minutos			2,17

Fonte: o autor