

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

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO MÉTODO MTM EM EMPRESAS DE
MANUFATURA: ESTUDOS DE CASO**

Dissertação submetida à

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

para a obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA

DENIS LEANDRO MONTEIRO DE ALMEIDA

Florianópolis, 11 de agosto de 2008.

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

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO MÉTODO MTM EM EMPRESAS DE
MANUFATURA: ESTUDOS DE CASO**

DENIS LEANDRO MONTEIRO DE ALMEIDA

**Esta dissertação foi julgada adequada para a continuidade na obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA**

ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA

João Carlos Espíndola Ferreira, Ph.D. - Orientador

Prof. Eduardo Alberto Fancello, Dr. Eng. - Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA

Prof. Acires Dias, Dr. Eng. (Presidente)

Prof. Dalvio Ferrari Tubino, Dr. Eng.

Prof.^a Vera Lucia Duarte do Valle Pereira, Dr. Eng.

O tempo perguntou ao tempo:
Quanto tempo o tempo tem?
O tempo respondeu ao tempo
que não tinha tempo para contar
quanto tempo o tempo tinha...

Ditado Popular

Aos meus pais,
e a minha esposa,
de todo coração.

AGRADECIMENTOS

Aos amigos e colegas pelo apoio e motivação,

À MTM do Brasil, pela colaboração para a realização deste trabalho,

Ao meu orientador por ter me apoiado e acreditado na minha proposta de trabalho,

À Universidade Federal de Santa Catarina por todo o conhecimento que me propiciou,

Os meus sinceros agradecimentos

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	V
SUMÁRIO	VI
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	XI
SÍMBOLOGIA	XII
RESUMO	XIII
ABSTRACT	XIV
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA DE PESQUISA.....	1
1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DA PESQUISA.....	3
1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO.....	3
1.3.1 OBJETIVO GERAL.....	4
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.4 JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÃO ESPERADA.....	4
1.5 METODOLOGIA.....	5
1.6 LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	6
1.7 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	6
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 VISÃO GERAL.....	7
2.2 PRODUTIVIDADE	7
2.2.1 PRODUTIVIDADE DOS OPERADORES.....	9
2.3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE TEMPOS.....	13
2.3.1 CRONOANÁLISE.....	17
2.3.2 MULTI-MOMENTO.....	18
2.3.3 SISTEMAS DE TEMPOS PRÉ-DETERMINADOS.....	19
2.4 METHODS TIME MEASUREMENT - MTM.....	20
2.5 BALANCEAMENTO DE LINHAS DE PRODUÇÃO.....	28
2.6 NIVELAMENTO DA PRODUÇÃO – HEIJUNKA E O SISTEMA KANBAN.....	29
2.7 TAYLORISMO, TEORIA CLÁSSICA DA ADMINISTRAÇÃO, FORDISMO E TOYOTISMO...	32
2.8 MANUFATURA ENXUTA.....	36
2.8.1 PRINCÍPIOS DA MANUFATURA ENXUTA	36
2.9 MTM EM COMBINAÇÃO COM A MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL.....	37
2.10 MTM EM COMBINAÇÃO COM A TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS.....	40
2.11 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	42
3 MATERIAIS E MÉTODOS	43

3.1	JUSTIFICATIVAS DOS MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS.....	43
3.1.1	<i>RESULTADOS OBTIDOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DE MTM.....</i>	43
3.2	AUMENTANDO A PRODUTIVIDADE.....	44
3.2.1	<i>DETERMINAÇÃO DOS TEMPOS CORRETOS PARA CADA ATIVIDADE: COMPARAÇÃO ENTRE MTM E CRONOANÁLISE.....</i>	45
3.2.2	<i>BUSCA DE MELHORES MÉTODOS PARA EXECUÇÃO DAS ATIVIDADES.....</i>	46
3.2.3	<i>BALANCEANDO A LINHA DE PRODUÇÃO COM MTM.....</i>	47
3.2.4	<i>PROPOSTAS DE MELHORIA.....</i>	53
3.2.5	<i>TREINAMENTO DE OPERADORES.....</i>	53
3.2.6	<i>VALIDAÇÃO DE POSTOS DE TRABALHO.....</i>	54
3.2.7	<i>ACEITAÇÃO DAS ANÁLISES.....</i>	56
3.2.8	<i>AUDITORIAS MTM.....</i>	56
3.3	COMO OTIMIZAR UM PROCESSO.....	58
3.3.1	<i>PADRONIZAR.....</i>	59
3.3.2	<i>LEIAUTE.....</i>	65
3.3.3	<i>UTILIZAR OS DADOS QUE A METODOLOGIA MTM FORNECE.....</i>	65
3.3.4	<i>ESTUDE OS TEMPOS DE PROCESSO/ DE ESPERA.....</i>	67
3.3.5	<i>CUIDAR PARA QUE UMA MELHORIA LOCAL NÃO PIORE A SITUAÇÃO GLOBAL.....</i>	67
3.3.6	<i>UTILIZAR A EXPERIÊNCIA DOS OPERADORES.....</i>	68
3.3.7	<i>ESQUEMATIZAR O PROCESSO.....</i>	68
3.3.8	<i>INCENTIVAR A BUSCA DE SOLUÇÕES COLETIVAS.....</i>	68
3.3.9	<i>FUNCIONÁRIOS DE APOIO.....</i>	69
3.3.10	<i>OUTRAS MEDIDAS PARA SE OTIMIZAR UM PROCESSO.....</i>	70
3.4	INICIANDO A APLICAÇÃO DE MTM.....	71
3.5	DIFICULDADES E FATORES CRÍTICOS PARA O SUCESSO DA IMPLANTAÇÃO.....	72
3.6	SOFTWARES PARA APLICAÇÃO DE MTM.....	73
3.7	CONSIDERAÇÕES SOBRE MATERIAIS E MÉTODOS.....	78
4	ESTUDOS DE CASO.....	79
4.1	INTRODUÇÃO.....	79
4.1.1	<i>CASO 1: LINHA BRANCA.....</i>	79
4.1.2	<i>CASO 2: AUTOMOBILÍSTICA NO BRASIL.....</i>	80
4.1.3	<i>CASO 3: AUTOMOBILÍSTICA NA ALEMANHA.....</i>	80
4.2	COMPARAÇÃO ENTRE MTM E TEMPOS CRONOMETRADOS.....	82
4.3	ATIVIDADES SIMPLES / REPETITIVAS.....	84
4.3.1	<i>EXEMPLO: PRENSAS.....</i>	85
4.3.2	<i>EXEMPLO: SOLDA PONTO.....</i>	85
4.3.3	<i>CONCLUSÕES SOBRE ATIVIDADES SIMPLES / REPETITIVAS.....</i>	86
4.4	AUMENTO DE PRODUÇÃO E ATIVIDADES EM CÉLULA E EM LINHA.....	87
4.4.1	<i>EXEMPLO: BALANCEAMENTO DE MONTAGEM DE PORTAS EM CARROS DE DUAS E QUATRO PORTAS.....</i>	88
4.5	ATIVIDADES DE ACABAMENTO.....	92

4.5.1	<i>EXEMPLO: ACABAMENTO</i>	93
4.6	ATIVIDADES DE CONTROLE DE QUALIDADE	96
4.6.1	<i>EXEMPLO: CONTROLE DE QUALIDADE DE FORNO DO FOGÃO</i>	97
4.7	ATIVIDADES COM MÚLTIPLAS COMBINAÇÕES DE VARIANTES.....	99
4.7.1	<i>EXEMPLO: MONTAGEM DO MOTOR DE AUTOMÓVEIS</i>	99
4.8	ATIVIDADES DE LOGÍSTICA.....	110
4.8.1	<i>EXEMPLO: ABASTECIMENTO DE LINHA DE PRODUÇÃO</i>	110
4.9	ATIVIDADES DE PRODUÇÃO INDIVIDUAL E PEQUENOS LOTES.....	116
4.10	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ESTUDOS DE CASO.	117
5	DISCUSSÕES FINAIS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	118
5.1	A APLICAÇÃO DE MTM EM DIFERENTES EMPRESAS E CULTURAS.	118
5.2	MTM EM COMBINAÇÃO COM OUTRAS METODOLOGIAS.....	118
5.2.1	<i>MTM EM COMBINAÇÃO COM A CRONOANÁLISE</i>	119
5.2.2	<i>MTM EM COMBINAÇÃO COM A MANUFATURA ENXUTA</i>	120
5.2.3	<i>MTM EM COMBINAÇÃO COM OUTRAS METODOLOGIAS</i>	121
5.3	MELHORIAS ALCANÇADAS COM A METODOLOGIA MTM.....	123
5.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.	123
5.5	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	124
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
	ANEXO A - PRINCIPAIS ATIVIDADES DE MELHORIAS A SEREM IMPLEMENTADAS. ADAPTADO DE BRITZKE ET AL (1989)	129
	ANEXO B - THERBLIGS. FONTE: MAYNARD (2001)	134
	ANEXO C - HISTÓRICO DOS TEMPOS PRÉ-DETERMINADOS. ADAPTADO DE MAYNARD (2001), SUGAI (2003) E MTM (2005A)	135
	ANEXO D - NÍVEL DE MÉTODO, SEGUNDO MAYNARD. FONTE: MAYNARD (2001)	136
	ANEXO E - NÍVEL DE MÉTODO, SEGUNDO MTM. ADAPTADO DE: MTM (2005A)	137
	ANEXO F - DESCRIÇÕES E EXEMPLOS DE NÍVEL DE MÉTODO, SEGUNDO MTM. ADAPTADO DE MTM (2005A)	138
	ANEXO G - ESTRUTURA GERAL PARA APLICAÇÃO DE UM WORKSHOP KAIZEN DE CHÃO DE FÁBRICA. ADAPTADO DE: SILVA ET AL (2003), TBM (2007) E EM MATERIAIS UTILIZADOS PELAS EMPRESAS PESQUISADAS	140
	ANEXO H - TABELA PARA AVALIAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIAS. ADAPTADO DE MATERIAL UTILIZADO PELAS EMPRESAS PESQUISADAS	141
	ANEXO I - NÍVEL DE MÉTODOS EM DIFERENTES APLICAÇÕES. ADAPTADO DE: MTM (2005A)	142
	ANEXO J – TABELAS DE MTM BÁSICO. ADAPTADO DE: MAYNARD (2001) E MTM (2005A) ...	143

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Alcance normal das mãos humanas. Fonte: Shingo (1996b).....	10
Figura 2.2: Sustentadores, posicionadores e montadores: (a) Batente; (b) Grampo de ação rápida; (c) Junta esférica; (d) Fixador Rotativo (dobradiça); (e) Dispositivo Pneumático; (f) Fixador Rotativo de Montagem; (g) Caixas Alimentadoras; (h) Carretel retrátil; (i) Pedais e (j) Dispositivo para Operações de Trabalho indireto. Fonte: Maynard (2001).....	11
Figura 2.3: Grampos para máquina de estampar que permitem a troca rápida de ferramenta. Fonte: Shingo (1996a).....	13
Figura 2.4: Dispositivos de Transporte: Escorregador, Braço Giratório e Mecanismo de Suspensão. Fonte: Shingo (1996b).....	13
Figura 2.5: Cinco movimentos básicos. Fonte: MTM (2005a).....	21
Figura 2.6: Exemplo de Tabela de dados: MTM SD. Fonte: MTM (2006).....	23
Figura 2.7: Condensação dos dados MTM Fonte: MTM (2005a).....	24
Figura 2.8: Exemplo de caixa de nivelamento (<i>Heijunka Box</i>). Fonte: Tardin e Lima (2000)	31
Figura 2.9: Empurrar e puxar a produção. Adaptado de: Tubino, 2000.....	32
Figura 2.10: Exemplo de estruturação de análises de manutenção Fonte: Schosnig (2006)....	40
Figura 2.11: Combinação de SMED e MTM para reduzir o tempo de <i>setup</i> . Adaptado de: Cakmakci e Karasu (2006).....	42
Figura 3.1: Etapas para aumentar a produtividade. Fonte: Próprio Autor.....	45
Figura 3.2: Analogia para comparação da precisão de balanceamentos. Fonte: Próprio Autor.....	49
Figura 3.3: Exemplo de Gráfico de Balanceamento com múltiplos operadores por posto de trabalho. Fonte: Próprio Autor.....	51
Figura 3.4: Exemplo de Gráfico de Balanceamento com classificação. Fonte: Próprio Autor.....	52
Figura 3.5: Exemplo de Gráfico de Balanceamento em forma de Pizza. Fonte: Próprio Autor.....	52
Figura 3.6: Exemplo de Gráfico de Gantt adaptado para o balanceamento. Fonte: Próprio Autor.....	52
Figura 3.7: Exemplo de gráfico resultante de uma auditoria de potencial para a implantação da metodologia MTM. Fonte: Próprio Autor.....	58
Figura 3.8: Esquema de movimentação em triângulo em um tacto. Fonte: Próprio Autor.....	62
Figura 3.9: Exemplo de <i>Andon</i> . Fonte: Próprio Autor.....	64
Figura 3.10: Exemplo de esquema de processo. Fonte: Próprio Autor.....	68

Figura 3.11: Processo de Melhoria Contínua na Aplicação de MTM em um posto de trabalho, Fonte: Sugai (2003)	71
Figura 3.12: Processo de implantação de MTM em uma empresa, Fonte: Sugai (2003).....	71
Figura 3.13: Implantação de MTM em uma empresa, Fonte: Próprio Autor.....	72
Figura 3.14: Exemplo de “automatização” das análises MTM utilizando planilhas Excel. Fonte: Próprio Autor.....	74
Figura 3.15: Interface do software TiCon. Fonte: MTM (2005a)	75
Figura 3.16: Janelas do software MTM-LINK. Fonte: MTM Association (2007).....	76
Figura 3.17: Janela de softwares desenvolvidos pela empresa Delmia. Fonte: Delmia (2007).	77
Figura 3.18: Estrutura hierárquica com operadores em diversas estações de trabalho. Fonte: Próprio Autor.....	78
Figura 4.1: Gráfico do tempo das atividades, verificado pelo método MTM e com cronômetro. Fonte: Próprio Autor.....	83
Figura 4.2: Leiaute esquemático de montagem de portas em automóveis.....	89
Figura 4.3: Movimentos básicos de funções visuais. Fonte: MTM 2005a.....	98
Figura 4.4: Divisão teórica da superfície interna de um forno para controle visual. Fonte: Próprio Autor.....	98
Figura 4.5: Tempo das atividades de um posto de trabalho com múltiplas variantes. Fonte: Próprio Autor.....	109
Figura 4.6: Ilustração do esquema do carrinho transportador. Fonte: Próprio Autor.....	110
Figura 4.7; Leiaute esquemático do local de armazenamento. Fonte: Próprio Autor	111
Figura 4.8: Estante do local de armazenamento das peças P1, P2, P3 e P4. Fonte: Próprio Autor.....	112
Figura 4.9: Local de armazenamento das peças P5 e P6. Fonte: Próprio Autor	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Racionalização de processos manuais.	12
Tabela 2.2: Comparativo entre métodos para a apuração de tempos.	16
Tabela 2.3: Comparativo de MTM e Cronoanálise.	16
Tabela 2.4: Exemplo clássico de diferentes níveis de método.	28
Tabela 2.5: Migração na forma de produzir bens.	35
Tabela 3.1: Visualização do treinamento de operadores.	54
Tabela 3.2: Melhoramento contínuo e revolucionário.	59
Tabela 3.3: Exemplo de cálculo da carga para operadores de apoio.	70
Tabela 4.1: Resumo das análises verificadas nos casos estudados.	81
Tabela 4.2: Resultados das análises MTM x medições com cronômetro.	82
Tabela 4.3: Exemplo de análise de atividade em Prensa, analisados com MTM UAS.	85
Tabela 4.4: Exemplo de análise de atividade com Solda Ponto, analisados com MTM UAS.	86
Tabela 4.5: Atividades necessárias para montar cada porta.	89
Tabela 4.6: Exemplo de análise da atividade de acabamento.	95
Tabela 4.7: Movimentação dos operadores para a análise da atividade de acabamento.	95
Tabela 4.8: Possibilidades e porcentagens de montagens de variantes do exemplo.	101
Tabela 4.9: Exemplo de todas atividades analisadas para postos com múltiplas variantes.	102
Tabela 4.10: Exemplo de atividades de duas variantes analisadas.	103
Tabela 4.11: Resumo de macro-atividades para múltiplas variantes.	104
Tabela 4.12: Resumo de tempos com base na variante de menor tempo.	104
Tabela 4.13: Tabela com tempos para todas as variantes a serem produzidas.	106
Tabela 4.14: Diferentes análises aplicadas para uma mesma atividade.	114
Tabela 4.15: Exemplo das análises de atividades de logística.	115

SÍMBOLOGIA

- BMT – “*Basic Motion Time Study*” – um sistema de tempos pré-determinados
- BSD – “*Büro-Sachbearbeiter-Daten*” – MTM para aplicação em escritórios
- CCQ – Círculo de Controle da Qualidade
- CEP – Controle Estatístico do Processo
- DMT – “*Dimensional Motion Time*” – um sistema de tempos pré-determinados
- GMA – Metodologia de tempos pré-determinados utilizados durante o período da antiga Alemanha Oriental para produção massificada
- GMA 2 – Metodologia de tempos pré-determinados GMA para produção em série
- GMA 3 – Metodologia de tempos pré-determinados GMA para produção em pequenas séries
- GPD – “*MTM-General Purpose Data*” – Módulo MTM desenvolvido pela associação MTM Americana
- IMD – “*Internationales MTM-Direktorat*” - Diretório Internacional MTM
- MEK – “*MTM für die Einzel- und Kleinserienfertigung*” – MTM para produção individual e em pequenas séries
- MRP – “*Material Requirement Planning*” – Planejamento da necessidade de materiais.
- MTA – “*Motion-Time-Analysis*” – um sistema de tempos pré-determinados
- MTM – “*Methods Time Measurement*” – em português “Medição do Tempo de Métodos”, sistema de tempos pré-determinados focado neste estudo
- MTM-2 – Módulo MTM desenvolvido pela associação MTM sueca, com importância na Escandinávia, Inglaterra e França.
- MTM-3 – Módulo MTM
- MTM SDB – “*Standard-Daten-Basiswerte*” - MTM Valores Básicos - Dados Padrão MTM
- UAS – “*Universelles Analysiersystem*” – Sistema de Análise Universal MTM
- MTS – “*Motion Time Survey*” – um sistema de tempos pré-determinados
- OTED – “*One-Touch Exchange of Die*” - Troca de ferramentas em um único toque.
- Poka-Yoke* – Método que possibilita a inspeção 100% através do controle físico ou mecânico.
- PTF – “Produtividade Total dos Fatores” – uma das abordagens de medição de produtividade
- PROKON – Módulo de MTM aplicado para a engenharia de produto adequada à produção
- SMED – “*Single Minute for Exchange of Die*” - Troca de Ferramenta em um Minuto
- TMU - “*Time Measurement Unit*” – unidade de medição de tempo. 1 TMU = 0,00001 horas
- TPM – “*Total Productive Maintenance*” – Manutenção produtiva total.
- TRF – Troca Rápida de Ferramentas
- WF – “*Work-Factor*” – um sistema de tempos pré-determinados

RESUMO

Com a competitividade cada vez mais acirrada entre as empresas, o aumento da produtividade tem se tornado obrigatório. Contudo, deve-se pensar em alternativas que permitam o aumento da produtividade sem sobrecarregar os recursos utilizados evitando assim, falhas dos equipamentos e problemas de saúde dos operadores.

Para o aumento da produtividade, este trabalho propõe a utilização da metodologia MTM – *Methods Time Measurement* cuja tradução apropriada em português é Medição do Tempo de Métodos.

Este trabalho analisará a aplicação desta metodologia em empresas de manufatura considerando os desenvolvimentos atuais das tabelas de tempos, os quais são pouco conhecidos pelas empresas brasileiras.

A metodologia MTM, no entanto, não será aqui tratada de maneira isolada, mas sim em combinação com outras técnicas e ferramentas. Esta análise será realizada de maneira teórica, com o uso da revisão bibliográfica, e de maneira prática, por meio de estudos de casos de aplicações da metodologia MTM em empresas.

A revisão bibliográfica discutirá questões sobre a avaliação de tempos, em especial através da metodologia MTM enquanto que no campo prático serão detalhados os métodos e resultados obtidos através da aplicação desta metodologia em duas empresas do ramo automobilístico e uma empresa da linha branca.

Conclui-se que a metodologia MTM é uma ferramenta útil para o planejamento e organização dos métodos de trabalhos dos operadores e que combinada com outros métodos aplicados pelas empresas pode gerar ganhos significativos de produtividade.

Palavras-Chave: MTM – Medição do Tempo de Métodos; Balanceamento de Produção; Empresas de Manufatura; Chão de Fábrica.

ABSTRACT

With the raising competition among companies, the productivity increase has become mandatory. However, alternatives to increase productivity should be considered in a way that the productivity increase does not cause resource overload, avoiding equipment failures and workers health problems.

For a sustainable productivity increase, this paper proposes the use of the MTM - Time Measurement Methods methodology. This work will evaluate the use of the MTM in manufacturing industries considering the current development of MTM time tables that are barely known by Brazilian companies.

The MTM methodology, however, will not be analyzed here in an isolated way, but in combination with other techniques and tools. This analysis will be carried out in a theoretical way, through literature review, and in a practical way, held through study cases of the MTM methodology application in companies.

The literature review discusses issues about time evaluation focusing the MTM methodology while in the practice field details are given about the methods and results obtained through the application of this methodology in two automobilist companies and a household devices company.

This dissertation concludes that the MTM methodology is a useful tool to plan and organize the methods of the operators activities and that combined with other applied methods it can generate a significant productivity increase.

Key-words: MTM – Methods Time Measurement; Production Leveling; Manufacturing Companies; Shop-floor.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA DE PESQUISA.

Vive-se em um mundo de recursos escassos e a sociedade está cada vez menos aceitando pagar o alto preço dos desperdícios. Para obter o sucesso, as empresas necessitam cada vez mais melhorar sua produtividade e eliminar os desperdícios para oferecerem produtos que, além de qualidade, possuam prazos e custos competitivos. Faz-se, então, necessário o desenvolvimento e a aplicação de técnicas que permitam o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis.

Esta percepção não é nova. Apesar de possuírem focos diferentes, esta preocupação pode ser verificada desde os estudos de Taylor (Administração Científica) e Fayol (Teoria Clássica da Administração) até os estudos mais recentes sobre Manufatura Enxuta citados por Costa (2007), Wood Jr. (1992), Womack *et al* (1992) e Womack e Jones (1998 e 2006).

Além da importância econômica e da alta competitividade entre as empresas, o aumento no nível de exigência dos consumidores e o aumento da consciência por parte dos trabalhadores gera um cenário em que altos níveis de produtividade são requisitos obrigatórios. Dogramaci (1981) cita estudos em que a produtividade tem importância até no controle de inflação.

Kendrick (1977 *apud* Dogramaci, 1981, pg. 2) explica que um aumento da produtividade resulta num melhor aproveitamento dos recursos por unidade produzida.

Quanto maior o conhecimento das demandas das atividades, maior pode ser a integração do trabalho às atividades humanas de execução do mesmo (DRUCKER, 1974). Para Drucker, tornar o trabalho mais produtivo requer quatro atividades, cada qual com suas próprias características e demandas, a saber:

- Análise: Conhecer as operações específicas para o trabalho, suas seqüências e seus requisitos;
- Síntese: As operações individuais devem ser agrupadas em um processo de produção;
- Controle: Controle da direção, da qualidade, da quantidade, dos padrões e das exceções;
- Ferramentas: Devem ser providenciadas ferramentas apropriadas para a execução do trabalho.

As atividades de análise, também conhecidas como estudo do trabalho, gerenciamento científico e engenharia industrial, segundo o mesmo autor, consiste essencialmente em:

- Identificação de todas as operações necessárias para produzir um produto ou peça final;
- Organização racional da seqüência de trabalho de forma a torná-lo mais fácil e suave e o fluxo de trabalho mais econômico possível;
- Análises de cada operação individual e seu reprojeto de forma a alcançar o melhor desempenho possível, incluindo a utilização de ferramentas apropriadas, informações e os materiais onde e quando forem necessários;
- Integração destas operações em trabalhos individuais.

Drucker (1974) comenta que uma pessoa ao realizar tarefas de análise certamente se deparará com o questionamento de “Por que é feito isto e por que é feito aquilo?”, encontrando normalmente como única resposta “Sempre foi feito assim”, e a ineficiência devido à falta de questionamento chega a valores de 30% do custo e do esforço total.

O aumento da produtividade será abordado neste trabalho, e para este fim será estudada a aplicação da metodologia *Methods Time Measurement* - MTM, cuja tradução apropriada para a língua portuguesa seria “Medição do Tempo de Métodos”, porém ela é muitas vezes traduzida por “Método de Medição de Tempo”.

Novaski e Sugai (2001) ressaltam que a aplicação da metodologia MTM é bastante difundida no mundo sendo aplicada em diversas empresas de países europeus como a Alemanha e a Suécia, entre outros. No limiar do ano 2000, a Associação MTM Alemã contava em seu quadro associativo com aproximadamente 330 empresas, 20 corporações e 252 associados como pessoas físicas. As 328 empresas congregavam um efetivo aproximado de 3,2 milhões de empregados. Além da Associação Alemã (<http://www.dmtm.com>), existem outras associações como a Associação Americana (<http://www.mtm.org>), a Associazione MTM Italiana (<http://www.amtmi.it>), a Schweizerische MTM Vereinigung, na Suíça (<http://www.smtmv.ch>) e a MTM Áustria (<http://www.mtm-vereinigung.at>).

MTM (2006) descreve que a metodologia MTM é um instrumento para descrever, estruturar, configurar e planejar sistemas de trabalho por meio de módulos definidos de processo, sendo, portanto, um padrão eficiente de sistemas de produção. Ele pode ser utilizado em qualquer lugar onde for preciso planejar, organizar e realizar uma tarefa humana visando seu efetivo cumprimento. Resumidamente "O método determina o tempo". Principalmente quando utilizado para questões de planejamento, a metodologia justificaria a premissa apresentada em MTM (2006): “*Evitar custos ao invés de reduzi-los*”. Este slogan pode ser

explicado pela premissa de que um processo corretamente planejado pode ser executado desde o início sem os custos extras provenientes das ineficiências do processo.

A redução de custos é, ao lado do aumento da produtividade, um dos principais objetivos a serem alcançados pelas empresas. Podem-se reduzir os custos de várias maneiras, sendo que uma das principais é através da redução ou eliminação de desperdícios. A utilização da filosofia “*Lean Manufacturing*”, conhecida como “Manufatura Enxuta”, tem como foco a eliminação de desperdícios, e pode ser considerada como uma tendência atual das empresas, podendo ser usada em conjunto com a ferramenta MTM para se alcançar bons resultados.

Apesar de ser uma ferramenta muito útil, a metodologia MTM, em seu estágio atual de desenvolvimento ainda é pouco conhecida no Brasil, o que gera más interpretações quanto à sua aplicação. Segundo Priemer (2002) as pessoas no Brasil ao se referirem à metodologia MTM fazem os seguintes comentários: “É apenas um método Taylorista”, “Não conhecemos”, “Não se aplica na nossa produção”, “É aplicada na matriz (no exterior), mas aqui não”, “É muito detalhada e necessita de esforço excessivo”, “Talvez possa nos trazer vantagens”.

Esta dissertação visa esclarecer tais pensamentos a respeito da metodologia MTM, analisando a aplicação desta ferramenta para o planejamento e controle das atividades produtivas dos operadores, e para o aumento de produtividade, servindo como fonte de consulta para as pessoas da área, acrescentando informações àquelas já existentes na literatura.

1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DA PESQUISA.

Considerando a produtividade parcial da mão-de-obra (definida aqui como a quantidade de produtos produzidos por operador por unidade de tempo) como base, delimita-se o problema de pesquisa da seguinte maneira: A aplicação da metodologia MTM, em seu estágio atual de desenvolvimento, permite o aumento da produtividade sem sobrecarregar os operadores?

1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO.

A seguir será descrito o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho.

1.3.1 OBJETIVO GERAL.

O objetivo geral deste trabalho é analisar a aplicação da metodologia MTM em empresas de manufatura por meio de estudos de caso, considerando os desenvolvimentos atuais das tabelas de tempo.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

São objetivos específicos deste trabalho:

- Analisar a aplicação da metodologia MTM em diferentes situações e empresas;
- Analisar combinações da metodologia MTM com diferentes métodos;
- Demonstrar melhorias alcançadas com a implementação da metodologia MTM;
- Verificar se a aplicação da metodologia MTM resulta no aumento de produtividade;

1.4 JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÃO ESPERADA.

A metodologia MTM foi muito utilizada, principalmente na indústria automobilística, até meados de 1970, porém, ela andou quase esquecida nas últimas décadas. Apenas recentemente as empresas têm redescoberto a importância e a necessidade de se avaliar os tempos de produção, de balancear suas linhas de montagem e de estudar melhores formas de realizar o trabalho. Esta observação corresponde à descrição de Priemer (2002), que cita que nas décadas de 1970 e 1980 o Brasil era um mercado fechado, onde os custos eram absorvidos pela inflação. Com isso, os tempos deixaram de ser importantes e os antigos tempos registrados pelas empresas deixaram de ser atualizados. Nos anos 1980 e 1990, Priemer (2002) destaca a forte influência dos métodos de produção japonesa, porém, sem base na economia de tempos. Ainda na década de 1990, com a abertura de mercado, e a introdução de sistemas de qualidade, as empresas começaram a sofrer fortes pressões devido às comparações com o mercado externo. Priemer (2002) vê com isto um elevado potencial de aplicação de MTM no Brasil.

A importância do método MTM para as análises de tempo pode ser verificada pelas empresas que a utilizam. MTM (2006) apresenta uma lista de algumas das principais empresas que utilizam esta metodologia atualmente. Esta lista é composta, sobretudo, por empresas mundiais, mas que possuem forte atuação no mercado brasileiro. Algumas das empresas citadas são: Airbus Deutschland GmbH, Audi AG, Bayerische Motoren Werke AG

(BMW), Robert Bosch GmbH; Brose Fahrzeugteile GmbH & CO. KG, DaimlerChrysler AG, Edscha AG, Wilhelm Karmann GmbH, Adam OPEL AG (GM) e Volkswagen AG.

Em pesquisa realizada junto a empresas de grande e médio porte do norte do estado de Santa Catarina e região de Itajaí, Borba *et al* (2000) verificou que a maior incidência para a determinação do Tempo Padrão foi o uso de Cronometragem, presente em 71% dos casos, seguidas pelos Tempos Históricos (42%) e Tempos Predeterminados (32%). Dentre estes 32% referentes a tempos predeterminados, 55% das empresas utilizam o método MTM. Apenas 3% das empresas não calculam o Tempo padrão.

O presente trabalho visa, então, servir de referência dessa metodologia no Brasil, uma vez que os desenvolvimentos e avanços da mesma passaram por muitos anos despercebidos em território nacional.

1.5 METODOLOGIA.

Segundo Silva e Menezes (2005), existem várias formas de classificar as pesquisas, sendo que as formas clássicas de classificação são:

- Classificação do ponto de vista da natureza: pesquisa básica e pesquisa aplicada;
- Classificação do ponto de vista da forma de abordagem do problema: pesquisa quantitativa e pesquisa qualitativa;
- Classificação do ponto de vista de seus objetivos: pesquisa exploratória, pesquisa descritiva e pesquisa explicativa;
- Classificação do ponto de vista de seus procedimentos técnicos: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, pesquisa experimental, levantamento, estudo de caso, pesquisa *expost-facto*, pesquisa ação e pesquisa participante.

Baseando-se nestes critérios, este trabalho pode ser classificado em:

- Pesquisa aplicada: pois é dirigida à solução da questão de como aumentar a produtividade através do emprego da metodologia MTM;
- Pesquisa quantitativa: pois utiliza como base a metodologia MTM que quantifica os métodos utilizados em valores de tempo;
- Pesquisa exploratória: pois visa proporcionar maior familiaridade com o problema proposto com vistas a torná-lo explícito;
- Estudo de caso: pois envolve o estudo profundo da aplicação da metodologia MTM em três empresas visando o detalhamento do conhecimento.

1.6 LIMITAÇÕES DO TRABALHO.

Toda pesquisa científica impõe limitações que não podem ser desconsideradas e omitidas pelo pesquisador, e este estudo deparou-se com:

- Escassez de literatura sobre MTM, sobretudo com abordagens sobre a aplicação das tabelas de tempo nos desenvolvimentos atuais;
- Informações sobre tempos de produção são tratadas como confidenciais pelas empresas, o que restringe as informações que podem ser divulgadas;
- Este trabalho foca as atividades “físicas” realizadas pelos seres humanos. Atividades “decisório-mentais”, que são decisões que vão além de “sim ou não”, tais como atividades criativas de projeto de um produto, não fazem parte do escopo deste trabalho. Esta é uma das limitações da própria metodologia MTM, que neste caso será extrapolada para este trabalho.

Ressalta-se ainda que este trabalho não tem como objetivo servir como treinamento ou manual de MTM para a utilização de alguma tabela específica, visto que existem cursos disponíveis para estes fins e que a maioria das empresas acaba adotando tabelas próprias.

1.7 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.

O trabalho está dividido em cinco capítulos, sendo o primeiro reservado à introdução e contextualização do problema.

A revisão bibliográfica é apresentada no segundo capítulo com foco na metodologia MTM. Temas como Produtividade e Balanceamento e Nivelamento de linhas de produção são também apresentados visando embasar o estudo.

No terceiro capítulo são apresentados os materiais e métodos utilizados. O autor apresenta técnicas de aplicação de MTM e possibilidades de combinação de MTM com outras ferramentas com o propósito de permitir um aumento de produtividade.

Os estudos de caso são apresentados no quarto capítulo, no qual são ilustrados diversos problemas práticos com os quais o autor se deparou para a aplicação da metodologia MTM, permitindo uma maior discussão e detalhamento das técnicas descritas no terceiro capítulo.

As Conclusões e discussões finais são apresentadas no quinto capítulo, no qual também são apresentadas as comparações entre a metodologia MTM e outras ferramentas gerenciais.

CAPÍTULO 2

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 VISÃO GERAL

A pesquisa bibliográfica deste trabalho contemplará a produtividade, considerada na problemática deste trabalho, os métodos de avaliação de tempos com destaque para a metodologia MTM e temas que possam contribuir para fundamentar as discussões e resultados que serão apresentados neste trabalho.

2.2 PRODUTIVIDADE

Produtividade é um termo muito utilizado há décadas, porém, na prática muitas vezes este termo é utilizado de forma incorreta ou então é confundido com outros termos tais como volume de produção. Faz-se então necessária uma melhor definição deste termo para que análises claras possam ser feitas.

Moreira (1991) define a produtividade de um sistema de produção como sendo a relação entre o que foi produzido e os insumos utilizados num certo período de tempo, e considera que a mesma pode ser de dois tipos:

- Produtividade parcial: quando se considera apenas um dos insumos. Teixeira (1977) trata das abordagens da produtividade parcial em cinco campos de implantação: mão-de-obra, máquinas e equipamentos, fatores auxiliares, administração e influências externas. A abordagem da produtividade parcial da mão-de-obra, por exemplo, pode ser expressa por uma equação que envolve a produção e a mão-de-obra, demonstrada na equação (2-1).

$$P = \frac{Q}{L} = \frac{Q}{I} \times \frac{I}{L} \quad (2-1)$$

Onde:

Q = Quantidade produzida

L = Mão-de-obra

I = Conjunto de todos os insumos combinados (inclusive a própria mão-de-obra) num certo período.

P = Q/L = Produtividade da mão-de-obra

Q/I = Pode ser considerada como uma produtividade múltipla dos fatores.

I/L = A relação entre todos os insumos combinados e a mão-de-obra.

Conforme já mencionado no capítulo 1, a produtividade da mão-de-obra é considerada a variante de base para análise da metodologia MTM, porém acresce-se à equação de Moreira (1991) a variável tempo, conforme pode ser verificado na equação (2-2).

$$P = \frac{Q}{L/T} \quad (2-2)$$

Onde:

P = Produtividade da mão-de-obra

Q = Quantidade produzida

L = Mão-de-obra

T = Tempo

- Produtividade total dos fatores (PTF): quando se consideram simultaneamente os insumos de capital e mão-de-obra, agrupados de acordo com certas regras, para se obter uma medida única dos insumos. Moreira (1991) cita que existem dois índices de PTF: o índice aritmético de Kendrick (1962) e o índice geométrico de Solow (1957). O índice geométrico, por exemplo, é descrito por Dogramaci (1981) como sendo a “quantidade de itens produzidos (*outputs*) por uma combinação (com pesos atribuídos) de quantidades dos diferentes insumos (*inputs*) de fabricação a serem utilizados”.

Moreira (1991) atenta para as seguintes características relativas à produtividade:

- Apesar de ser razoável considerar que o lucro e a produtividade estejam diretamente relacionados, existem outros fatores que podem fazer com que esta relação seja rompida, tais como mudanças inesperadas de mercado que podem gerar acúmulos nos estoques prejudicando a lucratividade mesmo com uma alta produtividade;
- Existem várias formas de se medir a produtividade;
- A produtividade não substitui, mas sim complementa os demais indicadores das empresas;
- Pode-se estabelecer comparações entre departamentos, setores e/ou empresas através de seus índices de produtividade.

Cabe ainda neste item discutir algumas observações publicadas no site do SEBRAE (2006): “Aumentar a produtividade pura em uma fábrica (fazer mais em menos tempo) pode

gerar um significativo estoque de produtos acabados e de matérias-primas, e deve ser coerente com a produtividade de vendas. Caso contrário, só resulta em encalhe”.

Esta afirmação deve ser analisada criticamente. Do modo como está escrita, esta afirmação pode gerar uma confusão entre o termo produtividade e produção (quantidade produzida). Na prática, se for possível produzir mais em menos tempo, pode-se utilizar o tempo resultante desta economia para melhorar outros aspectos tais como manutenção, planejamento, leiaute, etc.

2.2.1 PRODUTIVIDADE DOS OPERADORES.

Conforme observado por Moreira (1991), a produtividade da mão-de-obra tem sido considerada como sinônimo de produtividade devido à sua utilização histórica e facilidade de medição, com dados disponíveis praticamente em qualquer empresa.

Além da facilidade de medição, a perda por um trabalhador ocioso é de aproximadamente cinco vezes maior do que a perda por uma máquina ociosa em um mesmo período de tempo (SHINGO, 1996a).

Os fatores de produtividade da mão-de-obra, segundo Teixeira (1977) são: ritmo do operador, paradas por necessidade do serviço ou não, ritmo do transporte, eficiência e tempo do controle de qualidade, qualidade do produto e peças rejeitadas, existência ou não de acidentes de trabalho, satisfação aparente ou não dos grupos integrantes das operações, presença ou não do supervisor/chefia durante a coleta de dados para a verificação da produtividade, verificação dos níveis salariais e dos tipos de salários adotados pela organização.

Drucker (1999) estabelece três tipos de trabalhadores, os trabalhadores manuais, os trabalhadores do conhecimento e os tecnólogos (que possuem características tanto dos trabalhadores manuais quanto dos trabalhadores do conhecimento).

Quanto aos trabalhadores manuais, Maynard (2001) apresenta cinco princípios que auxiliam na produtividade, que ele chamou de “características do movimento fácil”. Estes princípios estão resumidos a seguir:

1. Os movimentos devem ser simultâneos
2. Os movimentos devem ser simétricos
3. Os movimentos devem ser naturais
4. A trajetória do movimento deve ser rítmica
5. A trajetória do movimento deve ser habitual

Shingo (1996b) apresenta normas para manuseio de ferramentas e componentes:

- Ferramentas e componentes manuseados com frequência com a mão direita devem ser colocados dentro do alcance normal de trabalho da mão direita, e os manuseados ocasionalmente devem ser colocados dentro do alcance máximo da mão direita. O mesmo é válido para a mão esquerda ou para as duas mãos;
- É mais fácil mover as mãos de dentro para fora do que de fora para dentro;
- É mais fácil empurrar do que puxar.

Shingo (1996b) ressalta que mesmo estas normas sendo frequentemente ignoradas, em muitos casos, mudando-se a posição das ferramentas e componentes torna-se possível incrementar a produtividade em até 15%.

A Figura 2.1 ilustra as regiões de alcance das mãos humanas.

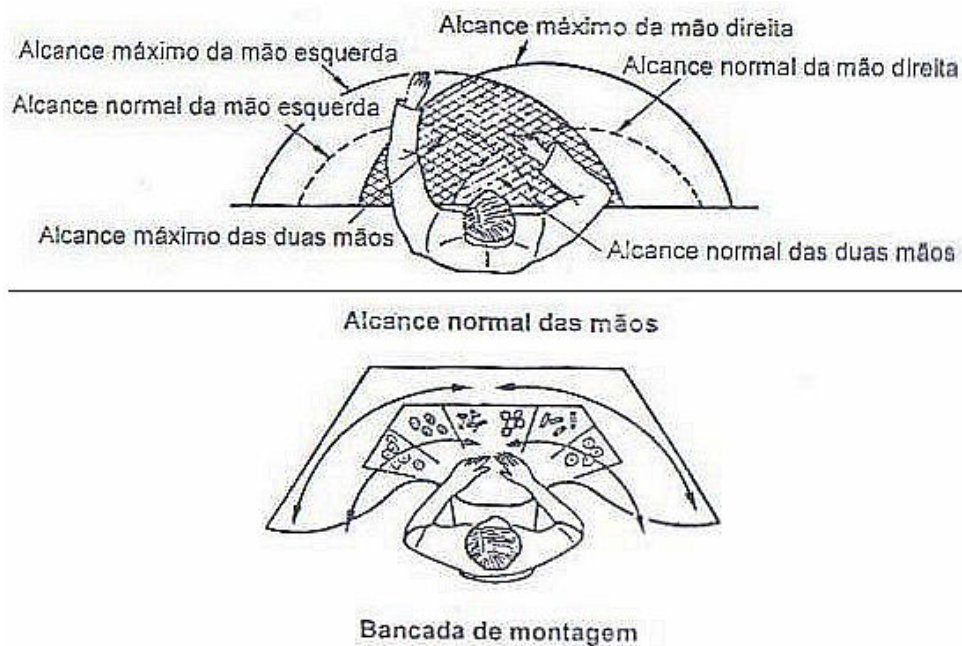


Figura 2.1: Alcance normal das mãos humanas. Fonte: Shingo (1996b).

Além destes princípios, Maynard (2001) cita dispositivos que ajudam na economia dos movimentos, a saber:

1. Sustentadores, posicionadores e montadores, tais como: batentes, grampos de ação rápida, juntas esféricas ou fixadores giratórios, fixadores rotativos (dobradiças), dispositivos pneumáticos, fixadores rotativos de montagem;
2. Caixas alimentadoras e caixas de estoque;
3. Calhas e outros métodos para uso da gravidade;
4. Tampos de mesa removíveis para lugares de trabalho planejados;
5. Pedais para segurar, soltar e / ou montar;
6. Dispositivos especiais para operações de trabalho indireto;

A Figura 2.2 mostra exemplos de sustentadores, posicionadores e montadores.

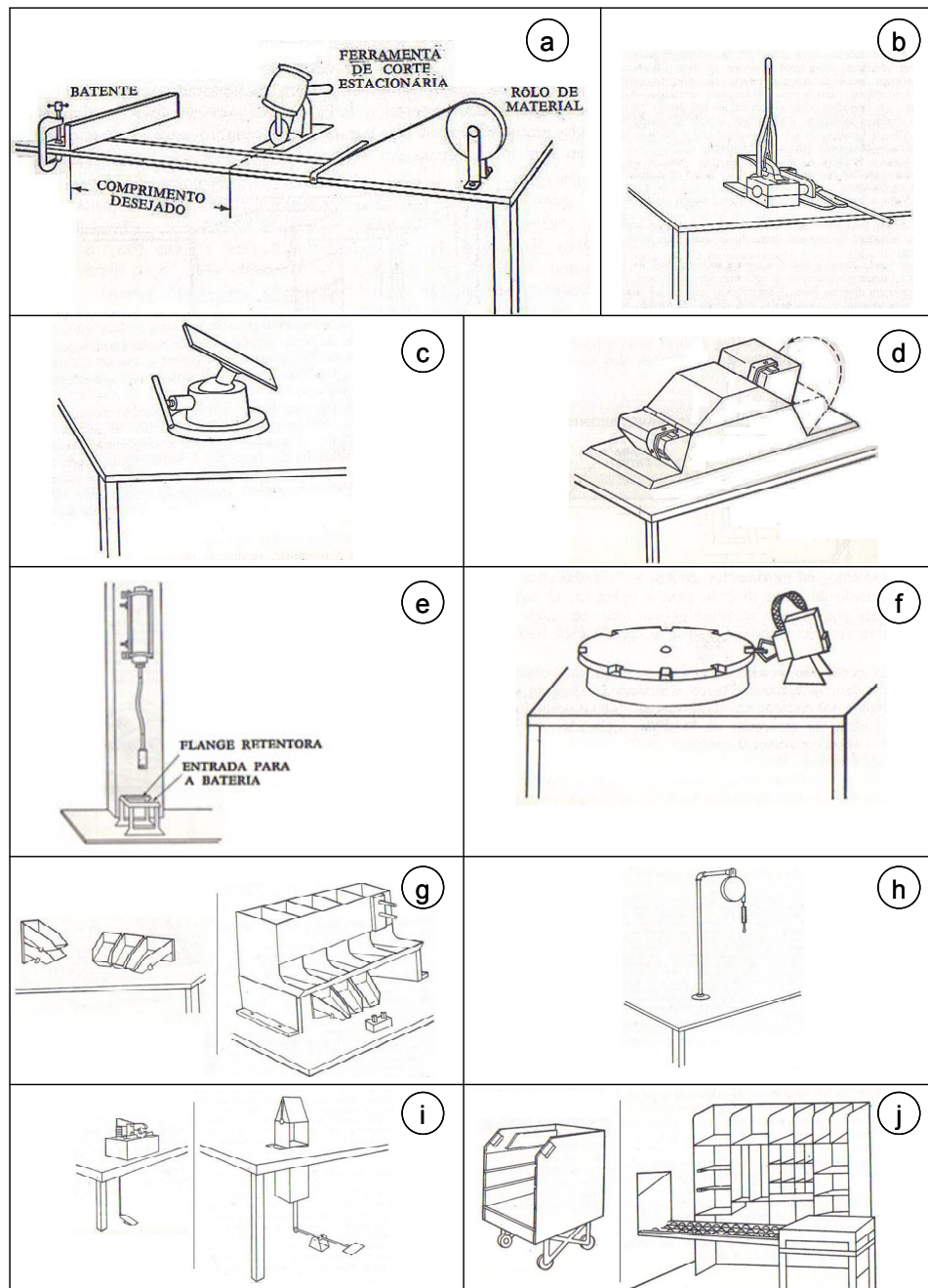


Figura 2.2: Sustentadores, posicionadores e montadores: (a) Batente; (b) Grampo de ação rápida; (c) Junta esférica; (d) Fixador Rotativo (dobradiça); (e) Dispositivo Pneumático; (f) Fixador Rotativo de Montagem; (g) Caixas Alimentadoras; (h) Carretel retrátil; (i) Pedais e (j) Dispositivo para Operações de Trabalho indireto. Fonte: Maynard (2001).

Ainda segundo Maynard (2001), um bom planejamento permite analisar movimentos, locais de trabalho e dispositivos projetados de acordo com a necessidade antes da produção ser iniciada, isto supondo fluxo regular de materiais. Neste caso, qualquer dificuldade que possa aparecer pode ser testada antes de começar a produção. Tais dificuldades podem ser:

1. Peças que não se adaptam aos fixadores planejados;
2. Peças que não se adaptam entre si;
3. Necessidade de simplificação adicional do trabalho ou melhoria da segurança (baseados nos métodos previamente aplicados e / ou com propostas diferentes de planejamento para a mesma atividade);
4. Dispositivos que não trabalham tão bem como o esperado;
5. Resistência, por parte do supervisor, ao método melhorado;
6. Resistência por parte do operador.

Já Britzke *et al* (1989) apresentam os princípios para racionalizar os processos manuais, resumidos na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Racionalização de processos manuais.

Princípio	Exemplo(s)
Substituir	Aparafusar com ferramenta manual, inserindo o parafuso manualmente. Gasto de tempo 100% (valor de referência); Aparafusar com ferramenta manual, parafusos separados em uma guia. Gasto de tempo 80%; Aparafusar com parafusadeira elétrica. Alimentação manual. Gasto de tempo 50%; Aparafusar com parafusadeira a vácuo (alimentação automática). Gasto de tempo 20%.
Ordenar	Colocação de suportes para ferramentas.
Facilitar	Evitar que o trabalhador tenha que trabalhar em posição curvada para diminuir o esforço necessário.
Simplificar	Reduzir o número de componentes de uma peça/produto.
Padronizar	Utilizar um tipo de parafuso para o maior número de atividades possíveis; Utilizar medidas padrão para as peças (modularizar).
Compactar	Utilizar parafusadeira múltipla para parafusar vários parafusos de uma só vez; Melhorar leiaute para melhor ocupação dos espaços.
Reduzir	Através das análises propor melhores métodos de trabalho.
Acumular	Um trabalhador operar diversas máquinas.
Ajustar	Ajustar os diferentes níveis de mecanização e automação; Ajustar as tarefas de trabalho para os níveis de qualificação; Garantir um fluxo e operação contínua da mecanização.

Adaptado de Britzke *et al* (1989)

Britzke *et al* (1989) apresentam uma tabela onde, de forma resumida, podem-se verificar as principais atividades de melhorias a serem verificadas/implementadas através da utilização do método GMA, que é uma metodologia de tempos pré-determinados utilizada na antiga Alemanha Oriental. Esta tabela adaptada para um caso geral pode ser lida no anexo A.

Diversos exemplos de soluções que permitem reduzir os movimentos dos operadores aumentando a produtividade podem ser encontrados na literatura. Dois exemplos apresentados por Shingo (1996a) são ilustrados na Figura 2.3 e na Figura 2.4.

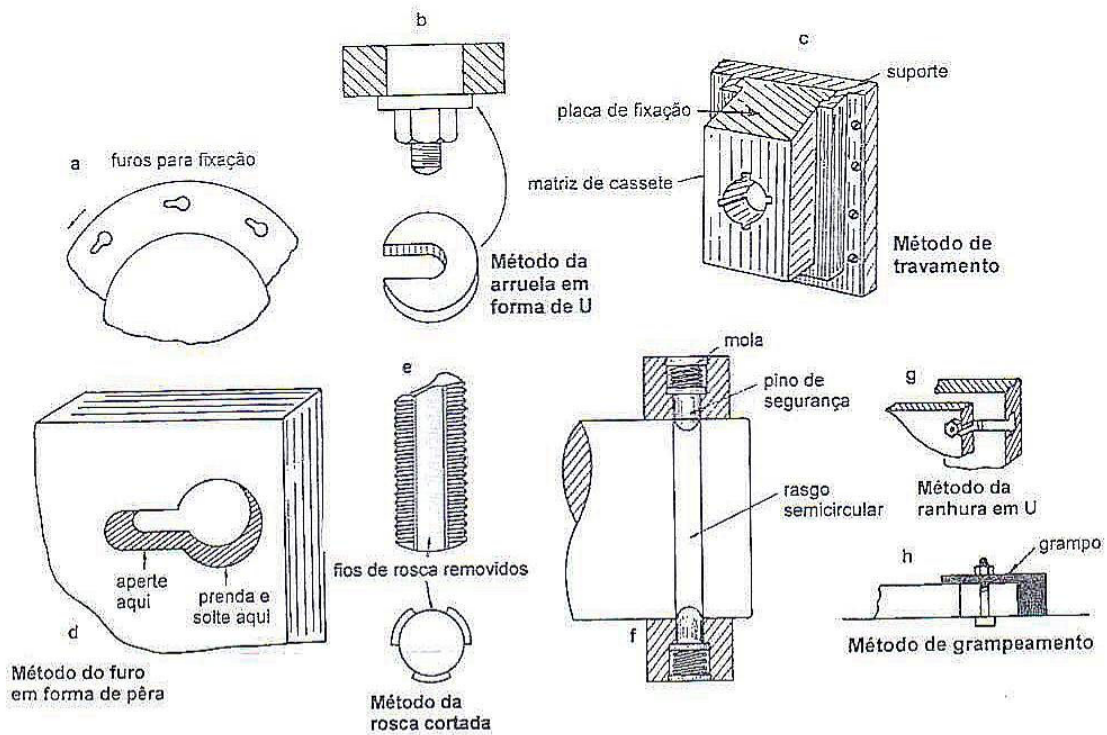


Figura 2.3: Grampos para máquina de estampar que permitem a troca rápida de ferramenta.

Fonte: Shingo (1996a).

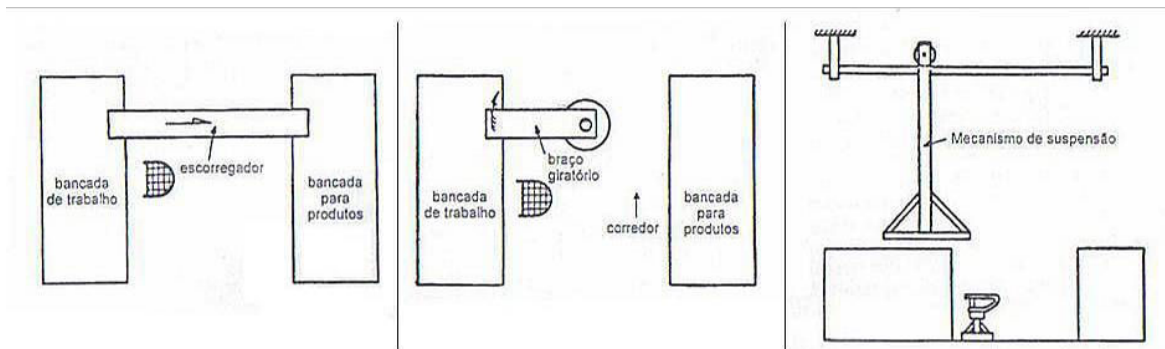


Figura 2.4: Dispositivos de Transporte: Escorregador, Braço Giratório e Mecanismo de Suspensão. Fonte: Shingo (1996b).

2.3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE TEMPOS.

A medida de produtividade considerada neste trabalho é realizada em função do tempo “produtos/operador/hora”. Uma vez que avaliações de produtividade baseiam-se no tempo e que a metodologia MTM proposta neste trabalho para aumentar a produtividade é, em essência, um método de avaliação de tempos, faz-se aqui necessária uma revisão dos principais métodos de avaliação de tempo.

Estudos de tempos e métodos também são chamados de medida do trabalho. Swann (1973) apresenta a definição do British Standards Institute do estudo do trabalho como sendo um “termo genérico para aquelas técnicas, particularmente os métodos de estudo e medição do trabalho, que são utilizadas para examinar o trabalho humano em todos os contextos e que levam sistematicamente a todos os fatores que afetam a eficiência e economia das situações sendo revistas para gerar melhorias”.

Segundo Swann (1973), os estudos de métodos servem para melhorar os métodos de produção e seguem seis etapas básicas:

1. Selecionar o trabalho a ser estudado;
2. Gravar os fatos relacionados aos métodos existentes;
3. Examinar criticamente os fatos gravados;
4. Desenvolver o método mais eficiente e aceitável;
5. Implantar o método como procedimento padrão;
6. Manter o procedimento.

Já as medições do trabalho servem para verificar o desempenho e estabelecer padrões de controle. Com os métodos de estudo espera-se alcançar melhores condições de controle, melhorar o projeto de equipamentos e produtos, reduzir a fadiga, melhorar os dados de treinamento, reduzir a ineficiência das tarefas e aumentar a utilização dos recursos.

Com a medição do trabalho espera-se comparar os métodos, criar padrões de desempenho, servir como base para informações, compor dados de controle e servir como base para incentivos e laboratório para previsões, criando assim condições para aumentar a produtividade.

Na utilização de tempos como padrões de desempenho, um tema a ser destacado são as análises dos tempos gastos nas atividades que não estão ligados diretamente às atividades produtivas. Maynard (2001), ao comentar sobre os estudos de tempo, apresenta exemplos nos quais se devem realizar rateios de tempo, permissões no tempo e também de tempos que não devem ser permitidos para o planejamento das atividades. Os rateios, segundo Maynard (2001), devem ocorrer para tempos de operação intermitentes tais como: (a) colocação e retirada de peças de um recipiente de peças; (b) manutenção de ferramentas ou (c) posicionamento de várias peças dentro de máquinas, como por exemplo, o tempo gasto para empilhar barras dentro de serras ou máquinas semelhantes.

Maynard (2001) cita três categorias de tempo nas quais devem ocorrer permissões em relação ao tempo: (a) manutenção (não está ligada à atividade em si, mas sim a uma frequência definida, como por exemplo, o operador que tem que limpar a máquina uma vez por semana); (b) interrupções e demoras, tais como uma solicitação de um mestre para uma

reunião; e (c) tempo individual, tempo necessário para satisfazer as necessidades pessoais normais tais como ir ao banheiro ou beber água.

Com relação aos tempos que não devem ser permitidos para o planejamento das atividades, Maynard (2001) classifica-os de dois tipos: (a) falha do operador, tais como início atrasado, tempo pessoal excessivo, re-trabalho na peça devido à mão-de-obra deficiente, inspeção excessiva; e (b) falha alheia ao operador que inclui o tempo parado (sem trabalho) devido à falta de material, equipamento ou ferramentas defeituosas e falta de energia elétrica.

Existem diversas possibilidades para a avaliação do tempo, que podem ser desde a estimativa de uma pessoa com base em suas experiências anteriores até um trabalho detalhado de cronoanálise. Neste item são discutidos alguns dos principais métodos de avaliação de tempos, com ênfase na metodologia MTM. Algumas das vantagens apresentadas na metodologia MTM, de acordo com MTM (2005a) são:





























- Poder determinar o tempo e método de trabalho antes da execução;
- A necessidade de detalhamento da tarefa obriga o usuário a realizar análises criteriosas onde se podem identificar melhores métodos de trabalho;
- Codificação internacional de elementos que levam à reprodutibilidade da descrição de seqüências operacionais;
- Não necessita avaliar o desempenho dos operadores;
- Valores MTM já consideram fatores de influência (tais como esforço de controle e extensão do movimento) e cálculos que precisam ser verificados no caso de levantamentos de tempos;
- Pode-se iniciar o treinamento dos colaboradores já de acordo com o método planejado;
- Serve de base para uma discussão objetiva visando classificar os níveis de remuneração.

Na Tabela 2.2 é apresentado um comparativo entre os principais métodos de apuração de tempos apresentado por MTM (2005a), que enfatiza o fato de que apenas os sistemas de tempos pré-determinados são padrões de tempo reconhecidos internacionalmente, além de ressaltar que são métodos de descrição reprodutíveis, e permitem um relacionamento inequívoco entre métodos e tempos bem como o planejamento antecipado de métodos e tempos.

Na Tabela 2.3, Fonseca (2006) faz um comparativo mais específico entre a metodologia MTM e a cronoanálise e recomenda a utilização de MTM para novos produtos e estudos a fim de obter o primeiro balanceamento de linha e a utilização da cronoanálise para

produtos de série, utilizando os tempos coletados para atualizar os bancos de dados da empresa.

Tabela 2.2: Comparativo entre métodos para a apuração de tempos.

Métodos para Apuração de Dados	Métodos de Descrição Reprodutíveis	Relacionamento inequívoco entre métodos e tempos	Planejamento antecipado de métodos e tempos	Padrões de tempo reconhecidos internacionalmente
Levantamento de tempos				
Multi-momento				
Apontamento próprio				
Comparar / Estimar				
Gravação em vídeo				
Sistemas de tempos pré-determinados				
Tempos planejados				

Fonte: MTM (2005a)

Tabela 2.3: Comparativo de MTM e Cronoanálise.

	Vantagens	Desvantagens
MTM	Balanceamento sempre disponível e simples de fazer.	Grande esforço inicial para alimentar a base de dados (operações, códigos).
	Processos armazenados em base de dados estruturada.	Necessidade de treinamento na metodologia MTM.
	Melhor detalhe técnico para justificar a necessidade de mão-de-obra.	Necessidade de avaliação detalhada do processo (micro-atividades).
	Melhor detalhe técnico para justificar investimentos na linha.	Necessário interesse da produção em utilizar o sistema.
	Produção consegue avaliar com clareza a distribuição de mão-de-obra na linha.	
	Elaboração de estudos de linhas de montagem com maior precisão.	
	Melhor acerto entre planejamento e produção para implementar melhorias na linha.	
	Possibilidade de interface com softwares utilizados pelas empresas.	

Cronoanálise	Permite otimizações rápidas e diretas na linha de montagem.	Não utiliza operações e tempos-padrão, dificultando a elaboração de novos estudos da linha.
	Definição de tempos mais rápida para processos existentes na linha	Definição de tempos com possibilidade de variação a cada cronometragem.
	Confiabilidade do método.	Necessidade de diversas cronometragens para definir um bom tempo médio.
	Simple de se aplicar.	Base de dados não estruturada para tempos cronometrados.

Fonte: Fonseca (2006)

2.3.1 CRONOANÁLISE.

Swann (1973) define a cronoanálise como sendo “uma técnica de medição do trabalho para gravar os tempos e taxas para um trabalho específico realizado sob certas condições, e para analisar os dados de maneira a obter o tempo necessário para realizar o trabalho em um nível de trabalho definido”. Swann (1973) ressalta ainda que o objetivo do estudo do tempo não é determinar quanto tempo demora uma determinada atividade, mas sim quanto tempo ela deveria demorar.

Já Maynard (2001) define o estudo do tempo como sendo “a análise de uma dada operação para determinar os elementos de trabalho necessários para realizá-lo, da seqüência em que ocorrem esses elementos e dos tempos necessários para realizá-los efetivamente”.

Para Maynard (2001), o estudo de tempos tem seis objetivos, a saber:

1. Analisar as operações e condições de trabalho para verificar as possibilidades de melhoria dos métodos existentes;
2. Incrementar a eficiência do trabalho através de mudanças necessárias dos movimentos;
3. Estabelecer e padronizar condições pertinentes à operação eficiente;
4. Estabelecer padrões de trabalho consistentes e equitativos;
5. Fornecer dados confiáveis para a compilação de gráficos e fórmulas;
6. Fornecer um registro constante das condições reais de trabalho, referentes ao tempo padrão.

Os elementos básicos de uma cronoanálise são:

1. Identificação dos elementos a serem avaliados;
2. Aplicação do fator de ritmo que pode ser expresso pela seguinte equação:

$$\text{TempoBásico} = \text{TempoObservado} \times \frac{\text{Ritmo}}{\text{RitmoPadrão}} \quad (2-3)$$

3. Verificação das tolerâncias. Devem-se observar as condições que podem afetar o tempo da operação tais como condições de trabalho (temperatura, ruído, postura, monotonia), rejeições das peças, ferramentas defeituosas, interferências, etc. para as quais se estabelece um fator de tolerância para o tempo das atividades.
4. Cálculo do tempo de trabalho através da equação a seguir:

$$\text{TempoPadrão} = (\text{TempoObservado} \times \frac{\text{Ritmo}}{100}) \times \%TolerânciaTotal \quad (2-4)$$

Por exemplo, a média dos tempos observados para uma atividade após 30 repetições foi de 40 segundos. Durante as observações, o operador atuou num ritmo 10% acima do normal (110%). Para o posto de trabalho em questão aplica-se uma tolerância de 20% devido a condições desfavoráveis do trabalho (local quente e pouco arejado) e índice de falhas das ferramentas utilizadas. Nestas condições temos: Tempo padrão = 52,8 segundos, conforme equação a seguir:

$$52,8 = (40 \times \frac{110}{100}) \times 1,20 \quad (2-5)$$

2.3.2 MULTI-MOMENTO.

Este método, também conhecido como amostragem, é apresentado por Swann (1973) como uma técnica na qual um grande número de observações instantâneas é realizado durante um período de tempo para um grupo de máquinas, processos ou operadores, onde a cada observação anota-se o que está acontecendo em cada instante, e a porcentagem de observações anotadas para uma atividade em particular é a porcentagem de tempo no qual a atividade (ou espera) ocorre.

Maynard (2001) define multi-momento como sendo: “Um estudo de amostragem do trabalho consiste em um grande número de observações feitas em intervalos ao acaso; ao realizar-se a observação, o estado ou condições do objeto de estudo é anotado, e este estado é classificado em categorias predefinidas de atividade pertinentes à situação particular do trabalho. A partir das proporções das observações em cada categoria, são realizadas inferências relativas à atividade total do trabalho em estudo”.

Maynard (2001) descreve ainda que amostragem do trabalho baseia-se nas leis da probabilidade, especificamente as distribuições normal, binomial e de Poisson. Ele aponta ainda etapas de preparação para um estudo de amostragem de trabalho, a saber:

- Definir o problema;
- Organizar uma folha para registro das observações do trabalho;
- Selecionar a Frequência das observações;
- Realizar observações em tempos ocasionais;
- Estimar o número de observações necessárias.
- Avaliar métodos através dos quais observações duvidosas possam ser reduzidas;
- Antes do início do estudo, reunir-se com o(s) observador(es).

Segundo Swann (1973), o número total de observações necessárias, com um nível de confiança de 95%, pode ser descrito pela seguinte equação:

$$N = \frac{4 \cdot P \cdot (100 - P)}{L^2} \quad (2-6)$$

Onde:

N = Número total de observações aleatórias

P = Porcentagem estimada de ocorrência de uma atividade específica

L = Limites necessários de precisão.

Por exemplo, para confirmar um estudo piloto de uma atividade cujo tempo estimado corresponde a 30% do tempo total, com uma precisão de $\pm 3\%$ e com um grau de confiança de 95% seriam necessários 933 observações conforme equação a seguir:

$$933 = \frac{4 \cdot 30 \cdot (100 - 30)}{3^2} \quad (2-7)$$

2.3.3 SISTEMAS DE TEMPOS PRÉ-DETERMINADOS.

Os sistemas de tempos pré-determinados constituem os métodos de avaliação de tempos enfocados por este trabalho. Os sistemas de tempos pré-determinados mais conhecidos são: “*Methods Time Measurement*” (MTM), “*Work-Factor*” (WF), “*Motion-Time-Analysis*” (MTA) e “*Basic Motion Time Study*” (BMT).

Para MTM (2005a), “Sistemas de Tempos Pré-determinados” são métodos nos quais deverão ser apurados os tempos teóricos para a execução dos procedimentos, totalmente influenciáveis pelo elemento humano. Da aplicação dos sistemas de tempos pré-determinados surgem orientações essenciais para a configuração dos locais e métodos de trabalho.

De acordo com Maynard (2001), SUGAI (2003) e MTM (2005a), o desenvolvimento dos sistemas de tempos pré-determinados iniciou com Frederick W. Taylor, porém consideram que Frank B. Gilbreth tenha gerado grande progresso a esse estudo ao constatar que os movimentos humanos podem ser sintetizados ou agrupados em elementos de movimento. Estes movimentos, conhecidos como *Therbligs* podem ser visualizados no anexo B. Uma cronologia geral do desenvolvimento dos tempos pré-determinados, baseada em Maynard (2001), SUGAI (2003) e MTM (2005a), é apresentada no anexo C.

Segundo Maynard (2001), o uso de padrões de tempos elementares pré-determinados é utilizado em diversos tipos de instituições com as seguintes aplicações:

1. Desenvolvimento de métodos eficientes antes de iniciar a produção.
2. Melhoria de métodos existentes.
3. Estabelecimento de tempos padrões.
4. Desenvolvimento dos dados padrões e fórmulas de tempos.
5. Pesquisa sobre o uso dos tempos pré-determinados.
6. Estimativas.
7. Orientação do projeto do produto.
8. Desenvolvimento de projetos adequados de ferramentas.
9. Seleção adequada de equipamentos.
10. Treinamento de supervisores para implantar a consciência de métodos.
11. Apresentação de dificuldades.
12. Treinamento de Operador
13. Pesquisa.

Maynard (2001) ressalta ainda que a melhoria de métodos resulta em:

1. Aumento da segurança do operador.
2. Aumento do conforto do operador.
3. Redução do esforço físico e fadiga.
4. Redução ou eliminação de desperdícios.
5. Melhores relações entre supervisores e operadores.

2.4 METHODS TIME MEASUREMENT - MTM.

Pode-se ler em MTM (2005a) que a metodologia MTM é um método destinado a estruturar seqüências de movimentos em movimentos básicos. A cada movimento básico é atribuído o valor de um tempo padrão, que é (pré) determinado em função dos fatores que

influenciam a sua composição. Segundo consta em MTM (2005a), a metodologia MTM pode ser aplicada para:

- Configuração dos métodos de trabalho e produtos: Para planejar e/ou aperfeiçoar os métodos de trabalho, além de servir para a elaboração de diretrizes para a configuração dos meios de produção, dos dispositivos, das ferramentas, do fluxo do material e da configuração do produto.
- Apuração de tempos: Para formar os tempos planejados, para definir tempos de referência para níveis de remuneração vinculados ao desempenho e realizar pré-cálculos.
- Instrução de trabalho: Para descrever o método como uma forma de documento para o treinamento.

Ainda segundo MTM (2005a), a metodologia MTM é baseada nos cinco movimentos básicos, a saber: alcançar, pegar (agarrar), mover, posicionar e soltar (ver Figura 2.5). Estes movimentos compõem entre 80% e 85% dos procedimentos totalmente influenciáveis pelos seres humanos. Além destes movimentos básicos, são utilizados para descrever os movimentos os seguintes atos: premir (aplicar pressão), separar (desengatar), torcer (girar), movimentos do corpo e funções visuais. Já os movimentos do corpo são divididos em: movimentos do pé, movimentos da perna, passo lateral, giro de corpo, andar, curvar, sair da posição curvada, abaixar, sair da posição abaixada, ajoelhar-se sobre um joelho, sair da posição ajoelhada sobre um joelho, ajoelhar-se sobre os dois joelhos, sair da posição ajoelhada sobre os dois joelhos, sentar, sair da posição sentada.

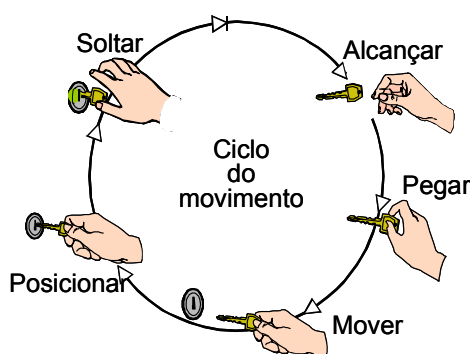


Figura 2.5: Cinco movimentos básicos. Fonte: MTM (2005a)

Esses movimentos foram tabelados e a versão vigente da tabela é a “MTM Data Card 101 A” edição 1955, da “USA & Canada MTM Association”, que garante uma unificação internacional dos dados.

Nas tabelas MTM, a cada movimento associado a parâmetros de influência (que podem ser resumidos em esforço de controle e extensão do movimento) é atribuído um certo valor de tempo, apresentado em TMU (*“Time Measurement Unit”*), que significa “unidade de medição de tempo”. 1 TMU corresponde a 0,00001 horas, e 1 segundo corresponde a 27,8 TMU’s.

O Método MTM está em desenvolvimento contínuo. Citam-se aqui alguns desenvolvimentos mundiais da metodologia, sempre baseadas no método básico:

- GPD (MTM-*General Purpose Data* - 1963) - Associação MTM Americana;
- MTM-2 (1966) - associação MTM sueca, com importância na Escandinávia, Inglaterra e França;
- MTM-SD (*Standard-Daten-Basiswerte* – MTM Valores Básicos “Dados Padrão”);
- MTM-UAS (*Universelles Analysiersystem* – Sistema de Análise Universal);
- MEK (MTM *für die Einzel- und Kleinserienfertigung* – MTM para produção individual e em pequenas séries).

Estes três últimos foram desenvolvidos sob a coordenação da Associação MTM Alemã e são adotados pela Associação Brasileira de MTM.

Um exemplo de tabela de tempos (MTM-SD) para os movimentos de apanhar e colocar no lugar pode ser visualizado na Figura 2.6. As tabelas de tempo do método MTM Básico, adaptados para as unidades de medida do Sistema Internacional, podem verificadas no anexo J deste trabalho.

Para as tabelas de tempo MTM-UAS e MEK, a Associação Alemã desenvolveu ainda tabelas de tempo de Módulos Específicos, que são tabelas com análises geradas a partir dos dados de UAS ou MEK para atividades corriqueiras nos respectivos níveis de método. Alguns exemplos de tabelas de Módulos Específicos de UAS / MEK são: (a) atividades de parafusar; (b) montar peças normatizadas; (c) desembalar; (d) marcar; (f) prender e afrouxar e (g) examinar ou medir.

As tabelas dos Módulos Específicos de UAS e MEK são específicas para cada nível de método e não devem ser consideradas em conjunto com as outras tabelas. Entre as diferenças existentes destaca-se o fato de existirem atividades que são específicas para cada nível de método e diferentes classes de distância (por exemplo, para UAS utiliza-se 5 classes de distância para os meios auxiliares - ferramentas - e 3 para os componentes, enquanto que para MEK utiliza-se 3 classes de distância para meios auxiliares e 2 para componentes).

Existem também diferenças nos tempos para uma mesma atividade se comparadas as tabelas UAS e MEK, pois os diferentes níveis de métodos implicam em diferentes movimentos a serem realizados pelos operadores. No nível UAS, por exemplo, os operadores

tendem a ter maior prática além dos postos de trabalho serem mais adaptados às atividades em questão.

Existem ainda tabelas desenvolvidas da Associação Alemã de MTM para aplicação de atividades de dados de escritório - *Office Data*, tabelas específicas para atividades de “controle visual”, além de terem desenvolvido a ferramenta ProKon, que consiste em uma ferramenta para avaliação da adequação de peças ou grupos construtivos para a montagem manual.

GRSDB- MTM-Standarddaten Basiswerte										
Aufnehmen/Plazieren		Gen. Werte/Körperbewegungen				Lesen/Schreiben		Prozeßzeiten		
AUFNEHMEN										
Entf. in cm	Kontakt		Leicht		Mittel		Schwierig		Handvoll	
	1 Hand	2 Hände	1 Hand	2 Hände	1 Hand	2 Hände	1 Hand	2 Hände	Gestap.	Verm.
	AKE	AKZ	ALE	ALZ	AME	AMZ	ASE	ASZ	AHG	AHV
2	2	2	6	6	8	11	13	27	16	33
5	4	4	8	8	10	13	17	31	18	35
15	9	9	13	13	14	18	21	35	23	40
30	13	13	17	17	18	22	25	39	27	44
45	17	17	21	21	23	26	29	44	31	48
60	21	21	25	25	27	30	33	48	35	53
75	26	26	30	30	31	35	38	52	40	57
PLAZIEREN										
Entf. in cm	Andere Hand	Ungef. Lage		Lose		Eng				
	PAE	PUE	PUZ	PLE	PLZ	PEE	PEZ			
2	4	2	2	8	13	18	34			
5	7	5	5	11	16	21	38			
15	11	9	9	16	21	26	43			
30	15	13	13	21	26	31	48			
45	19	17	17	26	31	36	53			
60	22	20	20	31	36	41	58			
75	26	24	24	36	42	47	63			
Ohne gründliche Ausbildung können der Gebrauch dieser MTM-Normzeitwertkarte und jede andere Anwendung von MTM zu falschen Resultaten führen.										
<input type="checkbox"/> Inhalt bei Umschalten in eigenem Fenster anzeigen										Schließen

Figura 2.6: Exemplo de Tabela de dados: MTM SD. Fonte: MTM (2006)

A condensação dos dados, segundo os módulos da Associação Alemã, pode ser representada conforme ilustrado na Figura 2.7.

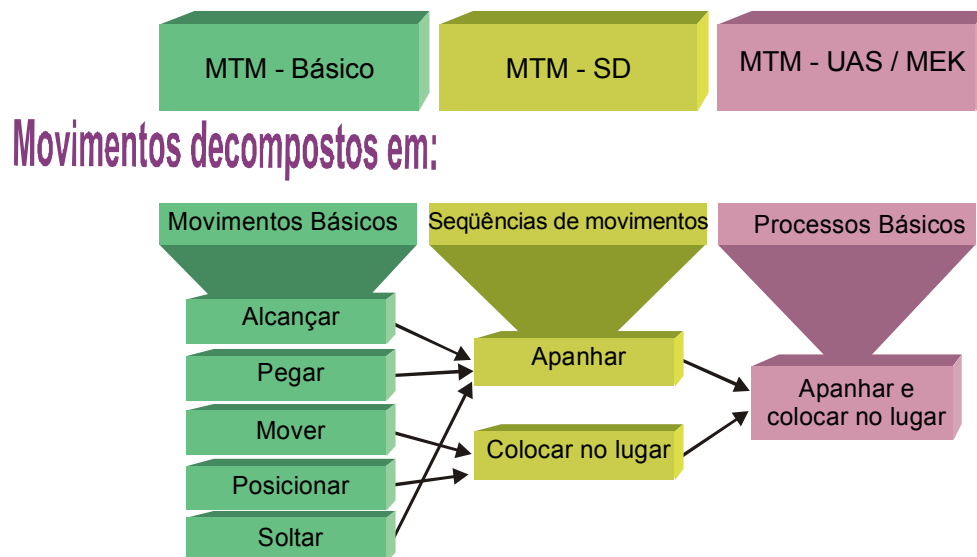


Figura 2.7: Condensação dos dados MTM Fonte: MTM (2005a)

A utilização de diferentes tabelas não consiste apenas em agrupar movimentos, mas sim simplificar os fatores de influência de forma a simplificar as análises.

Considerando a movimentação de Apanhar e Colocar no Lugar para o método MTM Básico tem-se:

- 5 movimentos básicos: alcançar, pegar, mover, posicionar e soltar;
- 25 faixas de distância para os movimentos de Alcançar e Mover (em cm): até 2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 24; 26; 28; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75 e 80;
- 5 casos de Alcançar: (1) alcançar um objeto solitário, localizado sempre em um lugar definido ou que se acha na outra mão ou sobre o qual a outra mão pousa; (2) alcançar um objeto solitário que, de seqüência a seqüência do trabalho se acha em local ligeiramente diferente; (3) alcançar um objeto, amontoado com outros iguais ou similares, exigindo escolha; (4) alcançar um objeto muito pequeno ou que se requeira um pegar exato e (5) deslocar a mão para uma posição indefinida, seja para recuperar o equilíbrio, seja para preparação do próximo movimento ou ainda para afastar a mão da zona de trabalho;
- 3 casos de Mover: (1) objeto levado para outra mão ou contra um encosto; (2) objeto levado a uma posição aproximada ou indefinida e (3) objeto levado a uma posição definida;
- 12 faixas de esforço para o movimento de Mover (em daN): 1; 2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22;
- 11 casos de Pegar: (1) pegar com facilidade objeto solitário; (2) pegar um objeto muito pequeno ou um objeto plano apoiado sobre uma superfície plana; (3) pegar

um objeto aproximadamente cilíndrico; dificultado por obstáculos de um lado e por baixo de diâmetro maior que 12 mm; (4) pegar um objeto aproximadamente cilíndrico; dificultado por obstáculos de um lado e por baixo de 6 até 12 mm de diâmetro; (5) pegar um objeto aproximadamente cilíndrico; dificultado por obstáculos de um lado e por baixo de até 6 mm de diâmetro; (6) repegar: mudar o “pegar” num objeto sem perder o controle sobre ele; (7) transferir: uma das mãos toma o controle de um objeto enquanto a outra solta; (8) pegar um objeto maior que 25 x 25 x 25 mm misturado com outros, requerendo procura e seleção; (9) pegar um objeto entre 6 x 6 x 3 mm e 25 x 25 x 25 mm misturado com outros, requerendo procura e seleção; (10) pegar um objeto menor que 6 x 6 x 3 mm misturado com outros, requerendo procura e seleção; (11) pegar por contato: por simples contato sobre o objeto, ter o suficiente controle para executar o movimento básico seguinte;

- 3 ajustes de Posicionar: (1) solto: não necessita nenhuma pressão; (2) justo: com leve pressão necessária e (3) firme: com forte pressão necessária;
- 3 casos de simetria para o posicionar: (1) simétrico; (2) semi-simétrico e (3) não simétrico;
- 2 casos de Posicionar: (1) fácil e (2) difícil;
- 2 casos de Soltar: (1) soltar por abertura dos dedos e (2) soltar por eliminação do contato;
- No método MTM Básico os movimentos da mão esquerda e direita são analisados individualmente.

Considerando a movimentação de Apanhar e Colocar no Lugar para o método MTM SD tem-se:

- 2 movimentos básicos: (1) apanhar e (2) colocar no lugar;
- 7 faixas de distância para os movimentos de apanhar e colocar no lugar (em cm): até 2; 5; 15; 30; 45; 60; 75;
- 5 casos de Apanhar: (1) por contato; (2) fácil; (3) médio; (4) difícil e (5) mão cheia;
- Os códigos de movimento de Apanhar são classificados em 1 ou 2 mãos;
- 4 casos de Colocar no Lugar: (1) outra mão; (2) posição aproximada; (3) solto e (4) justo;
- Os códigos de movimento de Colocar no Lugar são classificados em 1 ou 2 pontos;
- Para o movimento de Colocar no Lugar, existe uma tabela auxiliar de acréscimos por peso, simetria, manejo difícil e deslocamento do olhar;

Considerando a movimentação de Apanhar e Colocar no Lugar para o método MTM UAS tem-se:

- 1 movimentos básicos: (1) apanhar e colocar no lugar;
- 3 faixas de distância (em cm): (1) até 20; (2) de 20 até 50 e (3) de 50 até 80;
- 3 casos: (1) aproximado; (2) solto; (3) firme;
- 3 faixas de esforço (em daN): (1) até 1; (2) de 1 até 8 e (3) de 8 até 22;
- Os movimentos com até 1 daN são classificados em: (1) fácil; (2) difícil e (3) punhado;
- Há ainda uma tabela auxiliar contendo apenas o movimento de Colocar no Lugar para os movimentos que requeiram posicionamentos adicionais;

Considerando a movimentação de Apanhar e Colocar no Lugar para o método MTM MEK tem-se:

- 1 movimento básico: (1) apanhar e colocar no lugar;
- 4 faixas de distância (em cm): (1) até 20; (2) de 20 até 80; (3) de 80 até 200 sem movimento de curvar-se e (4) de 80 até 200cm com movimento de curvar-se;
- 2 casos: (1) aproximado; (2) preciso;
- 2 faixas de esforço (em N): (1) até 8; (2) de 8 até 22;
- Há ainda uma tabela auxiliar contendo apenas o movimento de Colocar no Lugar para os movimentos que requeiram posicionamentos adicionais;

O módulo de análise deve ser escolhido de acordo com o “Nível de Método”. Em MTM (2005a), lê-se que o “nível de método é a qualidade com que uma tarefa é executada, diretamente relacionada com a habilidade de quem a executa e com o grau de organização do sistema de trabalho”.

São exemplos de fatores que influenciam o nível de método o tempo de ciclo, tolerâncias em relação às distâncias, organização do local de trabalho para tarefas específicas ou local de trabalho universal, informações do pedido (dados referentes a movimentos, seqüências de movimentos, ordem de trabalho ou fabricação completa) e o tipo de fabricação (em massa, em série ou para peças individuais).

Maynard (2001) descreve a idéia de nível de método através de seis classes de estudos de métodos para cobrir todos os tipos de atividades, das atividades com altos índices de repetição para atividades individuais, a saber:

1. Análise escrita, usando gráficos de processo e tabelas de análise de operações. Análise de métodos empregando o método básico de MTM, na qual faz-se uma análise detalhada de todos os dispositivos de automação, ferramentas e equipamentos




disponíveis. Faz-se um treinamento do operador em métodos usando recursos audiovisuais.

2. Análise escrita, usando tabelas de análise de operações. Análise dos métodos usando MTM, na qual analisa-se todas as ferramentas e equipamentos. O treinamento do operador em métodos é realizado pela supervisão ou por treinadores familiarizados com o procedimento MTM. Também são fornecidas instruções escritas sobre métodos aos operadores.
3. Análise mental, usando os pontos da tabela de análise de operações como guia. Análise de métodos baseada em tabelas de dados padrões universais, como por exemplo, UAS, na qual o treinamento do operador é realizado por supervisores ou instrutores familiarizados com o procedimento MTM.
4. Análise escrita das tarefas de uma classe de trabalho, usando gráficos do processo e tabelas de análise de métodos das tarefas representativas, usando MTM para determinar melhores métodos e proporcionar base para os dados de tempo UAS. O treinamento do operador é realizado em tarefas específicas por supervisores ou instrutores familiarizados com MTM.
5. Análise mental, durante estudo geral da classe de trabalho, usando os pontos da tabela de análise de operações como guia. Análise de métodos através de tabelas de tempos do nível UAS ou MEK. O treinamento do operador no uso de ferramentas padronizadas para a classe de trabalho é realizado por supervisores familiarizados com MTM.
6. Uso de dados de tempos do nível UAS ou MEK para guia de desempenho.

A Tabela 2.4 mostra um exemplo que ilustra de diferentes níveis de método: a troca de pneus em carros de corrida, em oficinas especializadas e por cidadãos comuns. A troca de pneus de um carro de corrida representa uma produção massificada, onde os operadores são altamente treinados, os tempos de operações são curtos e o posto de trabalho é específico para a atividade em questão. A troca de pneus em uma oficina especializada representa uma produção seriada, onde os operadores são treinados, porém vários modelos são trabalhados num mesmo posto de trabalho o que exige ferramentais universais para algumas partes. Por fim as análises de troca de pneus por cidadãos comuns ilustra o princípio de trabalho para produções individuais ou pequenos lotes, onde os operadores possuem treinamento, porém não são especialistas em determinada operação, os tempos de operação tendem a ser maiores e os ferramentais utilizados são universais.

Os anexos D, E e F descrevem classificações e exemplos de nível de método.

Tabela 2.4: Exemplo clássico de diferentes níveis de método.

		
Movimentos básicos MTM A-1	Processos básicos MTM UAS	Processos básicos MTM MEK
Treinamento elevado Tempo curto (< 30 seg.) Posto apropriado Ferramental específico Único modelo	Treinamento alto / médio Tempo médio (> 30 ≤ 90 seg.) Posto apropriado. Ferramental específico / universal Vários modelos	Treinamento mín. Tempo elevado (> 90 seg.) Posto indefinido Ferramental universal Modelo indefinido

2.5 BALANCEAMENTO DE LINHAS DE PRODUÇÃO.

Uma vez analisados os tempos das atividades, o balanceamento da produção torna-se um dos principais meios para se aumentar a produtividade.

Para Rocha (2005), balancear uma linha de produção é ajustá-la às necessidades da demanda, maximizando a utilização dos seus postos ou estações, buscando unificar o tempo unitário de execução do produto. Por sua vez, Ferreira (1998) cita que o problema do balanceamento de linha consiste em combinar as tarefas individuais de processamento e montagem para que o tempo total exigido em cada estação de trabalho seja aproximadamente o mesmo. Se os elementos de trabalho podem ser agrupados de modo que todos os postos em cada estação sejam exatamente iguais, ter-se-á o caso de um balanceamento perfeito da linha, e freqüentemente a produção será suave. Entretanto, na maioria das situações práticas é muito difícil alcançar um balanço perfeito. Quando os tempos das estações de trabalho são diferentes, a estação mais lenta determina a taxa de produção global da linha.

Para se realizar um balanceamento de uma linha de produção devem-se levar em conta diversos fatores como ergonomia, leiaute, restrições de processo, disponibilidade de ferramentas, locais de armazenamento e abastecimento etc., porém o tempo é o fator fundamental para a realização de qualquer balanceamento.

Davis *et al* (2001 *apoud* ROCHA, 2005, pág. 3) descreve as etapas necessárias para balancear uma linha da seguinte forma:

1. Especificar a relação seqüencial entre as tarefas, utilizando um diagrama de precedência;

2. Determinar o tempo de ciclo necessário;
3. Determinar o número mínimo teórico de estações de trabalho;
4. Selecionar uma regra básica de alocação das tarefas às estações de trabalho e uma regra secundária para desempatar;
5. Delegar tarefas, uma de cada vez, à primeira estação, até que a soma dos tempos seja igual ao tempo de ciclo. Repetir o processo nas estações seguintes;
6. Avaliar a eficiência da linha.

Para se realizar o balanceamento existem diversos métodos heurísticos. Em Ferreira (1998) são apresentados os seguintes métodos:

- Método do Maior Candidato: Nesse método, os elementos de trabalho são selecionados e atribuídos às estações baseado nos valores de tempo dos elementos. Primeiramente, os elementos de trabalho são rearranjados de acordo com os seus valores de tempo, e então atribui-se os elementos de trabalho às estações, obviamente levando em consideração as restrições de precedência.
- Método de Kilbridge e Wester: Nesse procedimento, seleciona-se os elementos de trabalho para atribuição às estações de acordo com a sua posição no diagrama de precedência. Os elementos na frente do diagrama (isto é, aqueles que são executados em primeiro lugar) são selecionados primeiro para a solução. Este método não apresenta algumas dificuldades do método do maior candidato, como por exemplo, a possibilidade de elementos no fim do diagrama de precedência poderem ser os primeiros candidatos a serem considerados, simplesmente porque seus valores de tempo são elevados. Em geral, o método de Kilbridge e Wester fornece um resultado melhor do que o método do maior candidato apesar de haverem casos em que isto não ocorre.
- Método do Pesos Posicionais (RPW): Nesse procedimento, o valor de peso posicional (RPW – “*Ranked Positional Weight*”) é calculado para cada elemento. O RPW leva em consideração tanto o valor de tempo de cada elemento, como a soma dos tempos de todos os elementos de trabalho que dependem do elemento sendo considerado, conforme o diagrama de precedência. Então, os elementos são atribuídos às estações na ordem decrescente dos valores de RPW.

2.6 NIVELAMENTO DA PRODUÇÃO – HEIJUNKA E O SISTEMA KANBAN.

Juntamente com o balanceamento, o nivelamento da produção, ou *Heijunka* em japonês, é uma das formas mais importantes de se eliminar os desperdícios e, com isso, aumentar a produtividade.

Segundo o Lean Institute Brasil (2007), *Heijunka* é o nivelamento do tipo e da quantidade de produção durante um período fixo de tempo, permitindo que a produção atenda eficientemente às exigências do cliente, ao mesmo tempo em que evita o excesso de estoque, reduzindo custos, mão-de-obra e *lead time* de produção.

Já para Pinho *et al* (2005), o nivelamento da produção é uma programação de produção nivelada através da ordenação dos pedidos para corresponder à demanda. Com o nivelamento da produção evita-se produzir grandes lotes, podendo-se combinar diferentes produtos para garantir o fluxo contínuo, minimizar inventários e estabilizar a produção.

Conforme Pinho *et al* (2005) e Shingo (1996a), o mais importante benefício de se produzir lotes menores é que o lote pequeno estabelece as bases para um nivelamento entre a produção e a demanda. Há ainda outros benefícios que uma empresa pode esperar tais como o aperfeiçoamento através da curva de aprendizagem, aumento da flexibilidade do *mix* (tipos diferentes) de produtos, redução de estoques, menor tempo de supervisão e melhoria da qualidade.

Para uma produção nivelada, a única informação necessária para programação da produção é o programa de montagem final, que pode ser flexibilizada de acordo com a demanda atual do mercado. O ritmo (também chamado de “tacto”) em que a linha deve produzir varia conforme a demanda do cliente e é calculado dividindo-se, o tempo disponível de trabalho por turno pela quantidade pedida. Sob estas condições, o chão de fábrica trabalharia com o sistema de produção puxada baseada na demanda do produto final.

Uma das principais ferramentas para o nivelamento da produção é o *Heijunka Box*. Para o Lean Institute Brasil (2007), o *Heijunka Box*, também conhecido como caixa de nivelamento, é uma ferramenta utilizada para nivelar o *mix* e o volume de produção, distribuindo o *Kanban* em uma instalação em intervalos fixos.

Tardin e Lima (2000) descrevem o *Heijunka Box* como sendo uma ferramenta de gerenciamento visual e melhoria contínua de processo auxiliando os operadores a fazerem a programação de produção, através do controle dos estoques de peças prontas. Além de identificar a quantidade a ser produzida, o quadro também indica o ritmo e horários em que devem ser feitos os vários produtos pela linha. A Figura 2.8 apresenta um exemplo de *Heijunka Box*.

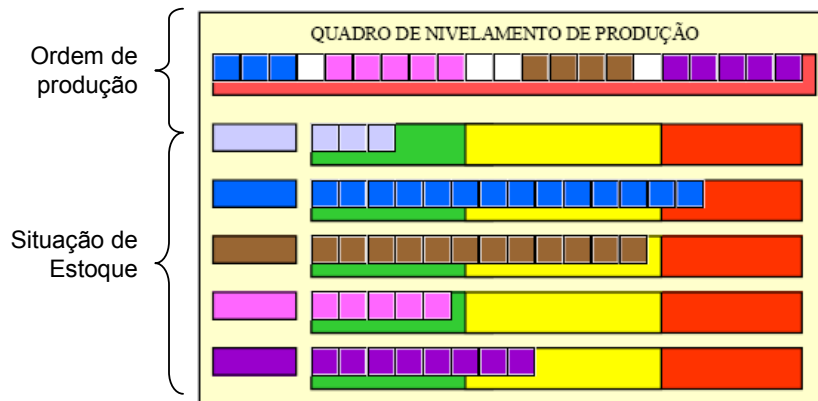


Figura 2.8: Exemplo de caixa de nivelamento (*Heijunka Box*). Fonte: Tardin e Lima (2000)

O quadro da Figura 2.8 é dividido em duas partes: a parte inferior é chamada de Situação de Estoque e a parte superior é chamada de Ordem de Produção. A Situação de Estoque é dividida por produtos e deve ter espaço para se colocar a quantidade total de *Kanbans* (quantidade máxima de peças em estoque de cada produto) de produção de cada um deles. A Ordem de Produção deve ser grande o suficiente para acomodar o número de peças (representadas pelos cartões *Kanban*) que podem ser produzidas durante o turno ou um determinado período de tempo.

O funcionamento do *heijunka box* pode ser assim descrito: toda vez que um produto for consumido pelo cliente, o *kanban* que o acompanhava entra no quadro na área do produto, dentro da Situação de Estoque. Cada uma destas áreas de produto é dividida em 3 faixas (verde, amarela e vermelha) que indicam a situação em que os produtos estão. Quando os cartões voltam para o quadro, eles são inseridos primeiramente sobre a faixa verde, depois sobre a amarela e finalmente sobre a vermelha. A faixa vermelha deve suportar cartões o suficiente para se fazer o *setup* da linha, mais o tempo de espera e mais um tempo de segurança. Os operadores devem produzir o produto que atingir ou estiver na iminência de atingir a faixa vermelha primeiro. Desse modo, os operadores só produzem aquilo que está sendo consumido pelo cliente.

Segundo Tubino (2000), o sistema *Kanban* caracteriza-se por pela produção puxada. A Figura 2.9 ilustra este processo.

O sistema *kanban* funciona baseado no uso de sinalizações para ativar a produção e movimentação dos itens pela fábrica. As sinalizações são convencionalmente feitas por cartões *kanban* e nos painéis *porta-kanbans*, apesar de outros meios também serem utilizados.

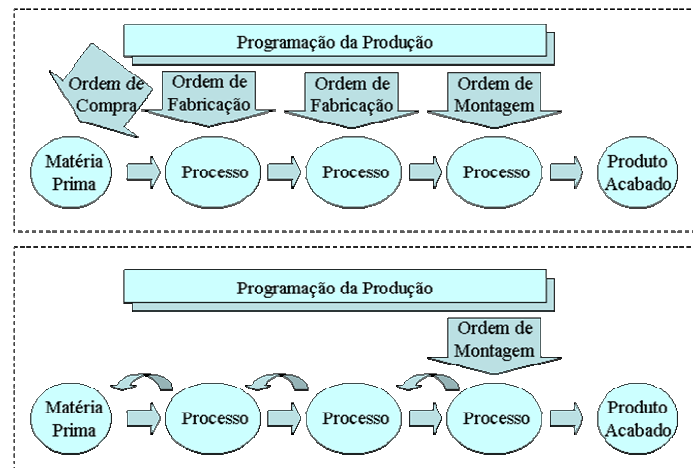


Figura 2.9: Empurrar e puxar a produção. Adaptado de: Tubino, 2000.

Segundo Tardin e Lima (2000), o Quadro de Nivelamento de Produção é chamado de gerenciamento visual, pois dele pode-se tirar as seguintes informações:

- O estoque de cada produto em qualquer instante;
- Verificar se a produção está atrasada ou adiantada;
- Verificar o momento para fazer um novo pedido de material;
- Verificar se está trabalhando com estoque demais ou de menos;
- Antecipar-se às situações de falta de componentes.

Os cartões *kanbans* podem ser divididos em dois grupos: os de produção, que autorizam a fabricação, e os de requisição que autorizam a movimentação de lotes entre o cliente e o fornecedor de determinado item, que podem por sua vez ser subdivididos em requisição interna e externa.

2.7 TAYLORISMO, TEORIA CLÁSSICA DA ADMINISTRAÇÃO, FORDISMO E TOYOTISMO.

Conforme comentado no item 2.3 sobre os métodos de avaliação de tempos, os estudos do movimento são normalmente associados a Taylor. Uma vez que a metodologia MTM é também confundida por muitos como sendo um “método Taylorista” (PRIEMER 2002), faz-se aqui necessário uma breve explanação sobre o Taylorismo..

Taylorismo ou Administração científica é o modelo de administração desenvolvido pelo engenheiro americano Frederick Winslow Taylor (1856-1915), que é considerado o pai da administração científica.

Rago e Moreira (1984) apresentam os quatro princípios do Taylorismo, também chamados de princípios básicos da Administração Científica como sendo:

- Primeiro Princípio: desenvolver para cada elemento de trabalho individual uma ciência que substitua os métodos empíricos do trabalho. Ressalta-se aqui a necessidade da redução do saber do operário complexo a elementos simples, bem como estudar os tempos de cada trabalho decomposto introduzindo assim o “cronômetro” nas oficinas.
- Segundo Princípio: Selecionar cientificamente, depois treinar, ensinar e aperfeiçoar o trabalhador.
- Terceiro Princípio: Cooperar cordialmente com os trabalhadores para articular todo trabalho com os princípios da ciência que foi desenvolvida.
- Quarto Princípio: Manter a divisão eqüitativa do trabalho e das responsabilidades entre a direção e o operário.

Paralelamente aos estudos de Taylor, Henri Fayol defendia princípios semelhantes na Europa. A Teoria Clássica da Administração, idealizada por Fayol, caracteriza-se pela ênfase na estrutura organizacional, pela visão do Homem Econômico e pela busca da máxima eficiência. Fayol relacionou 14 princípios básicos que podem ser estudados de forma complementar aos de Taylor: (a) divisão do trabalho, (b) autoridade e responsabilidade, (c) unidade de comando, (d) unidade de direção, (e) disciplina, (f) prevalência dos interesses gerais, (g) remuneração, (h) centralização, (i) hierarquia, (j) ordem, (l) eqüidade, (m) estabilidade dos funcionários, (n) iniciativa e (o) espírito de equipe.

Enquanto a Administração Científica se caracterizava pela ênfase na tarefa realizada pelo operário, a Teoria Clássica se caracterizava pela ênfase na estrutura que a organização deveria possuir para ser eficiente, porém ambas as teorias buscavam alcançar o mesmo objetivo: maior produtividade do trabalho e a busca da eficiência nas organizações.

O trabalho de Taylor é colocado em prática na produção industrial por Henry Ford. Porém, isto não era suficiente para Ford, pois a velocidade da produção não era proporcional à demanda por veículos. Inspirado numa indústria de conserva que utilizava uma esteira rolante para dar seqüência à produção, Ford adotou a idéia em sua fábrica. Neste instante quem ditava o ritmo da produção era o capital e não o trabalho (COSTA, 2007).

Wood Jr. (1992) afirma que o conceito chave da produção não é o conceito da linha contínua, mas a intercambiabilidade completa e consistente de peças e a simplicidade de montagem. As mudanças implantadas por Ford permitiram reduzir o esforço humano na montagem, aumentar a produtividade e diminuir os custos proporcionalmente à elevação do volume produzido. Porém, este sistema apresentava o problema de falta de flexibilidade.

Neste sistema, o operário não tinha perspectivas de carreira e tendia a uma desabilitação total. Ford procurou verticalizar-se totalmente, produzindo todos os

componentes dentro da própria empresa. A consequência direta foi a introdução em larga escala de um sistema de controle altamente burocratizado, com seus problemas próprios e sem soluções óbvias.

Segundo Wood Jr. (1992), Alfred Sloan da General Motors resolveu este impasse aplicando divisões à empresa e implantando um rígido sistema de controle, criando uma linha de cinco modelos básicos de veículos para atender o mercado além de criar as funções de finanças e *marketing*.

Quanto a questão da desabilitação dos funcionários, Shingo (1996b) aponta algumas soluções que podem minimizar os sentimentos de monotonia:

- Enriquecimento da tarefa, ou seja, dividir um processo em sub-processos mais amplos para tornar o trabalho menos simples, logo, menos monótono.
- *Mix* de produção, isto é, produzir diferentes tipos de produtos na mesma linha de produção, diversificando o trabalho.
- Aumentar a complexidade das tarefas alocando duas operações diferentes para cada trabalhador. Nestes casos dois (ou mais) trabalhadores podem ser alocados alternadamente para cada tarefa.
- Elaborar tarefas alternadamente, ora no período da manhã, ora no período da tarde, consultando os trabalhadores sobre os períodos de troca.

Shingo (1996b) cita que, em 1960, Douglas McGregor apresentou sua teoria XY baseada em suposições a respeito da natureza humana. McGregor descreveu dois tipos genéricos de pessoas a partir das seguintes características:

- Teoria X: Os trabalhadores não gostam de trabalhar e precisam ser persuadidos, premiados, punidos e controlados.
- Teoria Y: Os trabalhadores apreciarão o trabalho produtivo se lhes for permitida a tomada de decisão, trabalhando voluntariamente tendo em vista um objetivo.

As características da teoria X e Y provavelmente coexistem em todas as pessoas, mas uma ou outra poderá predominar em função do relacionamento entre o trabalhador e a chefia.

Segundo Wood Jr (1992), na primavera de 1950, o jovem engenheiro Eiji Toyoda empreendeu uma visita nas instalações da Ford em Detroit. De volta ao seu país, Toyoda e o seu especialista em produção Taiichi Ohno, refletiram sobre as condições encontradas na Ford e concluíram que a produção em massa não poderia funcionar bem no Japão. Desta reflexão nasceu o que ficou conhecido como o Sistema Toyota de Produção ou Produção Enxuta.

Costa (2007) resume as características do sistema Toyota da seguinte maneira:

- Flexibilização: esforço em descobrir novos segmentos de mercado;
- Zero percentual de defeito aceito (*Poka Yoke*) – qualidade total;

- Administração visual (*Andon*);
- Linha de montagem com ênfase na atividade organizacional;
- Atividade por grupo de trabalhadores multiqualificados (equipe);
- Controle de estoque: *Kanban*;
- Redução e/ou eliminação dos custos de manutenção;
- Princípio da troca rápida da ferramenta (ferramentas padronizadas);
- Sistema de parcerias: cooperação inter-firmas e com universidades;
- Produção em tempo real: *just-in-time* (JIT), que determina que nada deva ser produzido, transportado ou comprado antes da hora exata. O JIT pode ser aplicado em qualquer organização, para reduzir estoques e os custos decorrentes;
- Investimento maciço em Pesquisa e Desenvolvimento e Ciência e Tecnologia;
- Sistema poupador de mão-de-obra hierárquica informal: o dono da fábrica não é o patrão e sim o investidor.
- Incorporação do chip: máquina-ferramenta de controle numérico, com o auxílio de softwares de CAD (*Computer Aided Design*) e CAM (*Computer Aided Manufacturing*);
- Terceirização: passar para terceiros a etapa industrial onerosa em custos, intensiva em mão-de-obra ou atividades operacionais de difícil redução de custo;
- Trabalhadores multifuncionais, qualificados e adaptáveis a mudanças;
- Salários flexíveis: remuneração proporcional à competência e produtividade, ou seja, individualização dos salários;

A Tabela 2.5 a seguir, apresentada por Schappo (2006) resume as alterações na forma de produzir bens sofridos na manufatura.

Tabela 2.5: Migração na forma de produzir bens.

	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 demanda
Ferramentas	Simples e flexíveis	Máquinas caras e pouco versáteis	<i>Right Speed Tools</i>
Qualidade	O que puder ser feito	Bom o suficiente	Busca constante pela perfeição
Cliente / Mercado	Produto definido pelo cliente	Produz uma opção padrão para o mercado	Produz diversas opções de produtos para a escolha
Funcionário	Altamente especializado	Semi-qualificado, trabalho monótono	Qualificado e multifuncional (responsável pelo seu trabalho)
Custo	Altíssimo	Baixo	Mais baixo ainda

Fonte: Schappo (2006)

2.8 MANUFATURA ENXUTA.

Schappo (2006) considera que as duas alterações mais significativas na forma de produzir bens foram a de Ford e Sloan, da Produção Artesanal para a Produção em Massa, e a de Toyota e Ohno da Produção em Massa para a Produção Enxuta (*Lean Manufacturing*).

Segundo o Lean Institute Brasil (2007), o termo "*lean*" foi cunhado originalmente no livro "A Máquina que Mudou o Mundo" (*The Machine that Changed the World*) de Womack, Jones e Roos publicado nos EUA em 1990. O "*Lean Thinking*" (ou "Mentalidade Enxuta") é um termo usado para denominar uma filosofia de negócios baseada no Sistema Toyota de Produção que olha com detalhe para as atividades básicas envolvidas no negócio, e identifica o que é desperdício e o que é valor a partir da ótica dos clientes e usuários.

Schappo (2006) comenta que existem diversas frases para descrever a filosofia da manufatura enxuta, como por exemplo: manufatura de fluxo contínuo, manufatura de alto valor agregado, produção sem estoque, guerra ao desperdício, manufatura veloz e manufatura de tempo de ciclo reduzido.

Segundo Womack e Jones (1996), o pensamento enxuto é um poderoso antídoto ao desperdício ou *Muda* (desperdício em japonês). Os sete primeiros tipos de desperdícios identificados por Taiichi Ohno, que podem ser acrescidos por um oitavo, segundo Womack e Jones (1996) são:

1. *Defeitos* nos produtos;
2. *Excesso de Produção* de mercadorias desnecessárias;
3. *Estoques* de mercadorias à espera de processamento ou consumo;
4. *Processamento* desnecessário;
5. *Movimento* desnecessário (de pessoas);
6. *Transporte* desnecessário (de mercadorias);
7. *Espera* dos funcionários pelo equipamento de processamento para finalizar o trabalho ou por uma atividade anterior.
8. Projeto de produtos e serviços que não atendem às necessidades do cliente.

2.8.1 PRINCÍPIOS DA MANUFATURA ENXUTA

A manufatura enxuta baseia-se em cinco princípios, descritos a seguir (WOMACK e JONES, 1996):

- Valor: A definição de valor é o ponto de partida da manufatura enxuta. Segundo a filosofia enxuta, quem define o valor é o cliente, e cabe às empresas determinarem

qual é essa necessidade, procurar satisfazê-la e cobrar um preço específico por isso, de forma a manter a empresa no negócio. Os lucros devem ser aumentados via melhoria contínua dos processos, reduzindo os custos e melhorando a qualidade.

- Fluxo de valor: O Fluxo de Valor consiste em dissecar a cadeia produtiva e separar os processos em três tipos: aqueles que efetivamente geram valor, aqueles que não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade e, por fim, aqueles que não agregam valor, devendo ser eliminados imediatamente. Segundo a filosofia enxuta, as empresas devem olhar para todo o processo, desde a criação do produto até a venda final (e por vezes o pós-venda).
- Fluxo contínuo: é necessário fazer com que as etapas que criam valor, fluam. Isso exige uma mudança completa de mentalidade, buscando quebrar a visão intuitiva de se enxergar as empresas por funções e departamentos, o que significa longas esperas para a passagem entre departamentos.
- Produção puxada: é produzir de acordo as necessidades dos clientes no momento em que precisam, permitindo que o cliente “puxe” o produto da empresa quando necessário, em vez de empurrar muitas vezes produtos indesejados.
- Perfeição: 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 como um todo, podendo dialogar e buscar continuamente melhores formas de criar valor.

Womack e Jones (2006) propõem alguns princípios para prosseguir com o “consumo *lean*”. Estes princípios unem a visão do consumidor à do fornecedor:

- Resolva os problemas completamente;
- Não desperdice o tempo;
- Forneça exatamente aquilo que se quer;
- Forneça valor aonde é necessário;
- Forneça valor quando necessário;
- Forneça valor que realmente é necessário, não apenas as opções existentes;
- Resolva os problemas de maneira permanente.

2.9 MTM EM COMBINAÇÃO COM A MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

Há nas empresas uma falsa idéia de que atividades realizadas com baixa frequência não podem ter seus tempos planejados de maneira apropriada. Esta idéia errônea também se aplica às atividades de manutenção e *setup*. Para a manutenção este conceito só seria correto nos casos em que a manutenção corretiva é a única (ou a principal) forma de manutenção utilizada, com ausência de um controle adequado e com previsões com baixo nível de confiabilidade. Nestes casos, prever ou estimar qual o tempo das atividades de manutenção dos operadores pode ser sem sentido, uma vez que analisar todos os casos possíveis de falhas e atividades de correção demandaria muito trabalho, possivelmente não abrangeria todos os casos e os resultados teriam um grau de precisão muito abaixo do necessário.

De fato, análises de tempo para atividades de manutenção só fazem sentido com certo grau de organização e controle. A combinação da metodologia MTM com formas mais apropriadas de gestão da manutenção pode auxiliar o planejamento, otimização e análise do custo / benefício das atividades de controle preventivas.

Schosnig (2006) defende combinação da metodologia MTM com TPM e, segundo ele, esta combinação traz como vantagens: (a) abordagem estruturada para seqüências de trabalho na manutenção; (b) utilização dos dados MTM para o planejamento da capacidade; (c) fundamentação para dimensionamento de pessoal; e (d) economias consistentes de custos devido à otimização da seqüência de manutenção.

Segundo Schosnig (2006), a Manutenção Produtiva Total - TPM (*Total Productive Maintenance*) tem como objetivo a maximização da eficiência dos equipamentos, e utiliza uma manutenção preventiva abrangente que dura por toda a vida do maquinário.

Segundo Fuentes (2006), esta concepção da manutenção tem como objetivo principal a realização da manutenção dos equipamentos com a participação do pessoal da produção, dentro de um processo de melhoria contínua e uma gestão de qualidade total. Fuentes (2006) também considera que não existe ninguém melhor que o operador para conhecer o funcionamento do equipamento que lhe é confiado.

Já Biasotto (2006) considera TPM como um programa de gestão de equipamentos, implementado no nível de toda corporação, que enfatiza o envolvimento dos operadores com a manutenção dos equipamentos e a melhoria contínua, combinando técnicas de manutenção preventiva e preditiva com conceitos da qualidade total.

Em Wyrebski (1997), podem-se ler os oito pilares estabelecidos como básicos para dar sustentação à metodologia TPM.

1. Melhoria individual dos equipamentos para elevar a eficiência;
2. Elaboração de uma estrutura de manutenção autônoma do operador;

3. Elaboração de uma estrutura de manutenção planejada do departamento de manutenção;
4. Treinamento para a melhoria da habilidade do operador e do técnico de manutenção;
5. Elaboração de uma estrutura de controle inicial do equipamento;
6. Manutenção com vistas à melhoria da qualidade;
7. Gerenciamento;
8. Segurança, higiene e meio ambiente.

Segundo Souza (2001), os objetivos do TPM são:

- Garantir a eficiência global das instalações;
- Implementar um programa de manutenção para otimizar o ciclo de vida dos equipamentos;
- Requerer o apoio dos demais departamentos envolvidos no plano da elevação da capacidade instalada;
- Solicitar dados e informações de todos os funcionários da empresa;
- Incentivar o princípio de trabalho em equipe para consolidar ações de melhoria contínua.

Com base nas descrições de TPM encontradas em Wyrebski (1997) e Souza (2001), pode-se concluir que as principais características do TPM são: (a) busca de soluções econômicas; (b) sistema total, buscando a integração da manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva; e (c) manutenção voluntária por parte dos operadores.

A partir dos dados resultantes da gestão dos equipamentos, tais como controle estatístico, cronogramas de manutenção preventiva, dados históricos etc. pode-se verificar quais são as causas mais prováveis de falha que podem ocorrer. Com estes dados, podem-se estabelecer procedimentos de manutenção para cada tipo de falha e utilizar a metodologia MTM para estruturar as atividades bem como atribuir tempos a elas. A carga de trabalho pode ser obtida pela multiplicação dos tempos pela frequência em que elas ocorrem.

Para a análise das atividades, Schosnig (2006) sugere a utilização da estrutura hierárquica como forma de simplificação das análises. Pode-se agrupar as atividades de acordo com o item / função, estruturando as análises de forma que a escolha / definição das atividades a serem executadas gerem o tempo pré-determinado da atividade global. A Figura 2.10 exemplifica a estruturação hierárquica.

Quando a manutenção está estruturada de forma adequada, a metodologia MTM pode atuar juntamente com os cronogramas e planos de manutenção servindo como fonte para o planejamento, controle e execução da manutenção, podendo inclusive servir como uma lista de verificação das atividades.

A estruturação das análises para atividades de manutenção também permite o reaproveitamento das análises, uma vez que as atividades tendem a se repetir para diferentes peças, como por exemplo, as atividades de limpeza, aplicação de graxa e inspeção visual, que provavelmente serão semelhantes para a maioria dos componentes.

Vale ainda ressaltar que o ideal é buscar métodos que eliminem as causas raiz das quebras, reduzindo as atividades de manutenção para simples ações preventivas e / ou de troca / reposição de peças / componentes devido ao desgaste, lubrificações e limpeza.

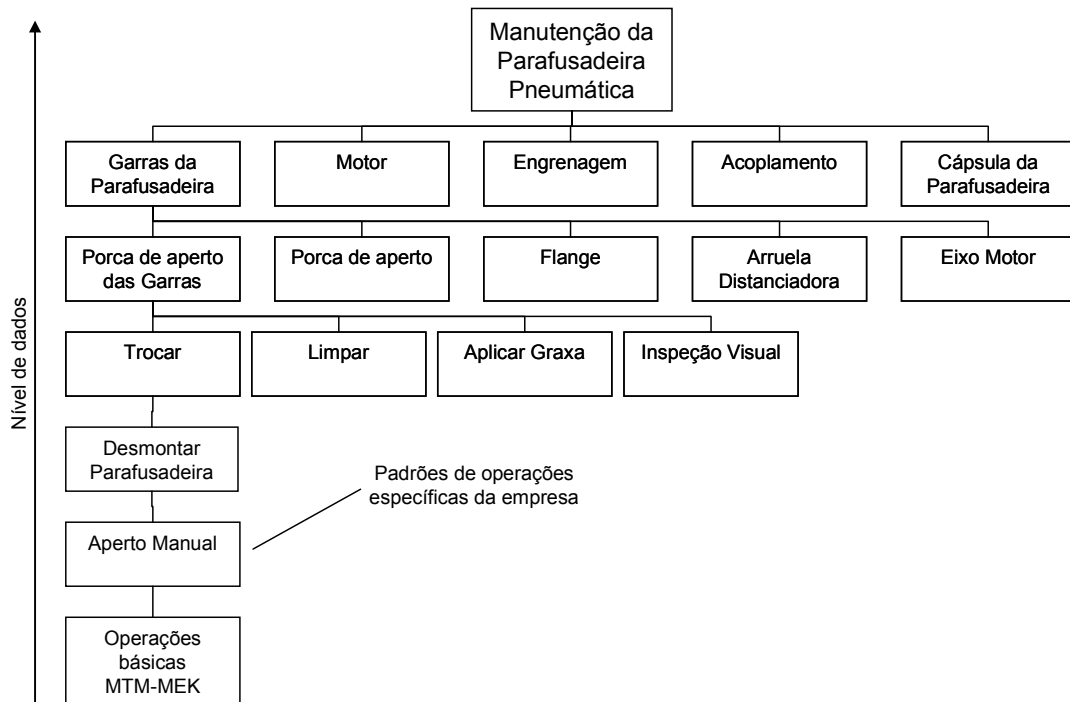


Figura 2.10: Exemplo de estruturação de análises de manutenção Fonte: Schosnig (2006)

2.10 MTM EM COMBINAÇÃO COM A TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS.

De acordo com PINHO *et al* (2005), o tempo de *setup* é definido como o tempo decorrido da troca de processo da produção da última peça boa de um lote até a produção da primeira peça boa do outro lote. Como o Sistema Toyota de Produção / manufatura enxuta, baseia-se na eliminação do desperdício, a redução do tempo de *setup* tem grande importância, pois visa eliminar o tempo desnecessário para se efetuar a troca de ferramentas de um equipamento. A Troca Rápida de Ferramentas – TRF consiste então em uma série de métodos que permite reduzir os tempos de *setup*.

De acordo com Shingo (1996a), a adoção da TRF é a maneira mais eficaz de reduzir o tempo de *setup*. Ele cita exemplos de redução de 24 horas para 2 minutos e 40 segundos, e

afirma que em média as reduções de tempo são de cerca de 80 a 95%. Outros termos utilizados para a troca rápida de ferramentas são: SMED - troca de ferramenta em um minuto (*Single Minute for Exchange of Die*) e OTED - troca de ferramenta em um toque (*One Touch Exchange of Die*).

Para Shingo (1996a), o tempo de *setup* compreende tipicamente as funções de: (a) preparação da matéria-prima, dispositivos de montagem, acessórios etc., correspondentes a 30% do tempo; (b) fixação e remoção de matrizes e ferramentas, correspondentes a 5% do tempo; (c) centragem e determinação das dimensões das ferramentas correspondentes a 15% do tempo; e (d) processamentos iniciais e ajustes correspondentes a 50% do tempo.

Shingo (1996a) apresenta oito técnicas de TRF para reduzir o tempo de *setup*: (a) separação das operações de *setup* interno (operações executadas enquanto a máquina está parada) em *setup* externo (operações com a máquina funcionando); (b) converter *setup* interno em externo; (c) padronizar a função, não a forma; (d) utilizar grampos funcionais ou eliminar grampos; (e) usar dispositivos intermediários; (f) adotar operações paralelas; (g) eliminar ajustes; e (h) mecanização.

Cakmakci e Karasu (2006) classificam os esforços para redução do tempo de *setup* em dois tipos: (a) de macro atividades, que consistem nas atividades SMED resumidas em separar *setup* interno de externo, converter atividades de *setup* interno para *setup* externo e racionalizar todos os aspectos da operação; e (b) micro atividades, com foco nos movimentos de corpo do operador durante as atividades de *setup* interno, para as quais ele propõe a utilização da metodologia MTM-UAS. A Figura 2.11 ilustra a combinação de SMED com MTM para se reduzir os tempos de *setup*.

Cakmakci e Karasu (2006) argumentam que a utilização de tempos pré-determinados traz como vantagens: (a) a necessidade de analisar detalhadamente o método da operação o que permite a padronização de um fluxo de atividades e a identificação de desperdícios; (b) não requer análise de ritmo dos operadores o que reduz a subjetividade do método; e (c) as atividades podem ser analisadas na fase de planejamento. A escolha do MTM-UAS, segundo estes autores, recai sobre a análise do nível de método necessário, uma vez que a metodologia MTM-UAS simplifica as análises através da redução das informações necessárias utilizando 7 movimentos básicos e três categorias de distância com uma precisão de tempos de 5%.

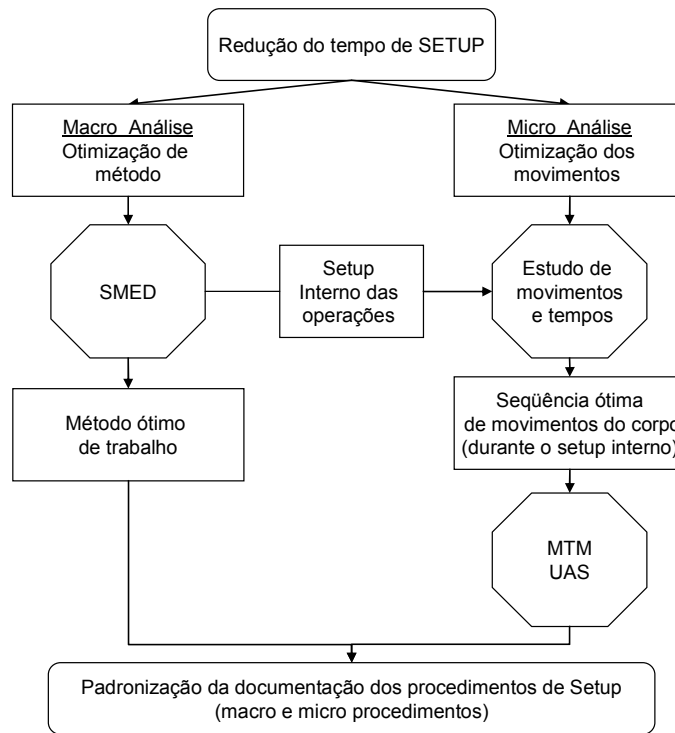


Figura 2.11: Combinação de SMED e MTM para reduzir o tempo de *setup*. Adaptado de: Cakmakci e Karasu (2006)

2.11 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

Nesta revisão bibliográfica, o tema produtividade foi inicialmente tratado para embasar as discussões a este respeito, uma vez que este tema está contido dentro da problemática deste trabalho. Na seqüência foi apresentada uma visão geral dos principais métodos de avaliação de tempo, permitindo assim analisá-los e compará-los com a metodologia MTM, que foi então detalhada.

O balanceamento e o nivelamento da produção foram então analisados por se tratarem os principais métodos utilizados em combinação com a metodologia MTM, sobretudo para se aumentar a produtividade.

Foi realizada então uma análise desde Taylorismo até a Manufatura Enxuta com o intuito de diferenciar a metodologia MTM do Taylorismo e para permitir futuras análises desta metodologia em combinação com a Manufatura Enxuta.

Por fim, foram detalhadas a TPM e a TRF, destacando as suas combinações com a metodologia MTM, verificadas na bibliográfica consultada.

CAPÍTULO 3

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 JUSTIFICATIVAS DOS MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS.

O autor atuou como colaborador na empresa MTM do Brasil Planejamento e Produtividade Ltda., que efetua consultoria na área abordada nesta dissertação. Os projetos executados pelo autor tanto anteriormente como durante a elaboração desta dissertação, foram utilizados como alvo de pesquisa *in loco* de onde resultados práticos puderam ser obtidos. Como principal fonte de dados foram utilizadas três empresas nas quais o autor teve a oportunidade de atuar como consultor (uma empresa da linha branca e duas montadoras automobilísticas), sendo que o projeto em uma delas foi realizado em uma das fábricas situada na Alemanha. Por uma questão ética, os relatos feitos no texto da dissertação buscaram preservar a identidade e os segredos industriais das empresas clientes.

Um trabalho semelhante foi realizado por Womack e Jones (1998), no qual aqueles autores visitaram e pesquisaram diversas empresas em busca do que se poderia chamar de “fórmula do sucesso”. Porém, o presente trabalho não teve o intuito de “criar” uma nova filosofia de trabalho, mas sim contribuir com análises que aprofundem o conhecimento de algumas técnicas já existentes.

A principal ferramenta conceitual utilizada nestes projetos é a MTM, que será combinada com conceitos oriundos de diversas áreas do conhecimento tais como ergonomia e planejamento e controle da produção.

O principal software utilizado foi o software TiCon desenvolvido pela *Softwarehouse* do grupo MTM. Em algumas empresas analisadas foram utilizados softwares equivalentes desenvolvidos para a aplicação específica da empresa em questão. Foram ainda utilizados os softwares Microsoft Excel para elaboração de planilhas, Microsoft Word para a confecção de relatórios e Microsoft PowerPoint para apresentações e desenhos.

3.1.1 RESULTADOS OBTIDOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DE MTM

Ao implementar a metodologia MTM, as empresas têm normalmente atingido ganhos de produtividade entre 5 e 25% sendo que o autor pôde participar de casos em que os ganhos ultrapassaram 50%. Jasker (2006) menciona que na indústria aeronáutica mais de 500 usuários (colaboradores diretos e indiretos) utilizam as ferramentas UAS, MEK, Office Data

(dados MTM para serem aplicados a atividades de escritório), ProKon (ferramenta para avaliação da adequabilidade de peças ou grupos construtivos para a montagem manual) e TiCon. O tempo de amortização para os custos de implementação da metodologia nestes casos tem sido menor que um ano. Na indústria automobilística são utilizadas as ferramentas SD, UAS, MEK, Office data, ProKon, TiCon e módulos específicos MTM, tendo como resultado ganhos de 5% a 15%. Na indústria de linha branca, as ferramentas MTM-1, UAS, ProKon e TiCon têm sido também utilizadas, tendo-se alcançado ganhos de 5 a 25%.

Nos trabalhos conduzidos durante a realização desta dissertação, os resultados médios obtidos geraram aumento de produtividade dentro das margens citadas acima.

Pontualmente cita-se aqui uma aplicação de MTM, realizada pelo autor desta dissertação em uma linha de produção de fogões para um determinado produto (cuja produção era realizada em lotes normalmente superiores a 200 produtos). Neste exemplo, a chefia determinou uma redução de mão-de-obra de 46 para 42 operadores para haver uma padronização quanto ao número de operadores diretos nas linhas de produção da fábrica. Aplicando-se MTM, além de reduzir a mão-de-obra para os níveis desejados, obtiveram-se ganhos significativos de produtividade através do aumento da produção de 40 para 60 produtos por hora, com investimentos praticamente nulos, além de gerar melhorias ergonômicas em alguns postos de trabalho.

3.2 AUMENTANDO A PRODUTIVIDADE

O termo produtividade utilizado neste trabalho terá como referência a produtividade parcial (produção/trabalhador/hora), pois é um dos principais indicadores utilizados pelas empresas. Entretanto, faz-se necessário mencionar que este indicador, quando usado de maneira isolada pode levar a resultados não satisfatórios. Um exemplo clássico de erro que pode ocorrer pela utilização deste indicador é a não observação das questões ergonômicas dos postos de trabalho. Quando se trabalha com operadores atuando com carga excessiva (tempo das atividades superior ao tempo de ciclo do posto de trabalho), tem-se uma alta produtividade parcial da mão-de-obra, porém aumentam-se os riscos de surgimento de problemas de defeitos e/ou de acidentes de trabalho, e os custos devido a estes problemas podem resultar na diminuição da produtividade global.

No item anterior foi citada uma aplicação de MTM, que serviu de base para o balanceamento prático e teórico de uma linha de produção, onde a mão-de-obra foi reduzida de 46 para 42 operadores e ao mesmo tempo teve sua produção elevada de 40 para 60

produtos por hora apenas com a redistribuição de atividades e pequenas adaptações feitas nos postos de trabalhos, tais como a implantação de suportes para ferramentas e peças. Estas adaptações, quando necessárias, foram produzidas a partir de sucata da própria empresa, que correspondem a chapas e elementos de fixação descartados que foram reaproveitados para a confecção de caixas e suportes, e isto significou um investimento praticamente nulo.

Naquele exemplo, o trabalho para alcançar o aumento de produtividade consistiu em: (a) determinar os tempos corretos para cada atividade; (b) estudar os postos de trabalho em busca de melhores soluções e métodos; (c) redistribuir as atividades (balancear a linha); (d) propor melhorias; (e) priorizar e implantar melhorias; (f) treinar operadores; (g) validar as propostas.

Além das etapas descritas, uma etapa adicional que pode ser aplicada em qualquer uma destas etapas para garantir a aplicação dos métodos propostos são as auditorias. A Figura 3.1 demonstra estas etapas.

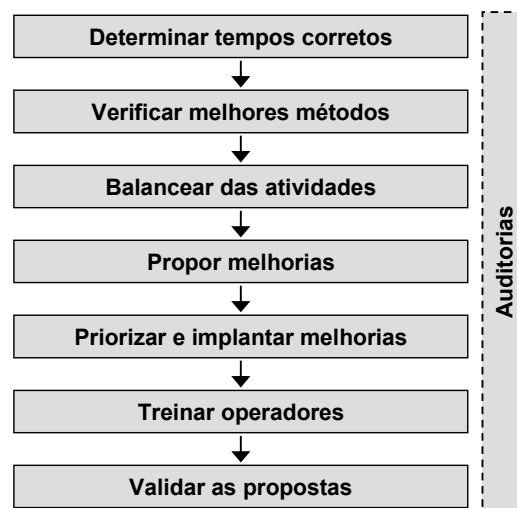


Figura 3.1: Etapas para aumentar a produtividade. Fonte: Próprio Autor

Os subitens a seguir discutem cada uma das atividades mencionadas acima.

3.2.1 DETERMINAÇÃO DOS TEMPOS CORRETOS PARA CADA ATIVIDADE: COMPARAÇÃO ENTRE MTM E CRONOANÁLISE

Independente do método a ser utilizado, é importante que os tempos averiguados para cada atividade estejam corretos. Uma cronoanálise resultará em tempos muito próximos dos tempos avaliados com a metodologia MTM pois, em sua essência, os tempos MTM são resultantes de cronoanálises.

De maneira geral, as diferenças verificadas nos casos estudados entre os tempos

medidos pelas cronoanálises e dos tempos avaliados com MTM foram geralmente inferiores a 5%. As diferenças superiores a 5% normalmente estavam associados a erros como a avaliação de diferentes métodos de trabalho ou erros no processo de avaliação do tempo. Algumas recomendações para estes casos são:

- Se as tomadas de tempo foram feitas de maneira adequada;
- Se o ritmo do operador foi adequado;
- Se a análise MTM está correta;
- Se os tempos de processo (PT) estão adequados;
- Se o nível de método utilizado para a avaliação está apropriado;
- Se não está havendo interferência por parte de elementos externos à atividade, tais como peças defeituosas ou incorretas, ferramentas não apropriadas, etc.;
- Se não houve erro do operador durante a medição;
- Se o método de trabalho medido foi o mesmo método avaliado;
- Se as condições de trabalho estavam adequadas;
- Observar a postura e posicionamento do operador, e nestes casos também considerar se as análises não foram realizadas para operadores de elevada estatura e as medições realizadas para operadores de baixa estatura, ou vice-versa.

É importante ressaltar que, principalmente nos postos de atividades de baixa carga de trabalho, muitos operadores acabam realizando movimentos extras, desnecessários, para “valorizar” o seu próprio trabalho. Alguns exemplos de movimentos desnecessários são: verificações extras, apertos extras, trocar as ferramentas/peças de mãos, reposicionar o corpo para movimentos que já se encontravam dentro da área de alcance etc. Estes movimentos desnecessários tendem a gerar distorções entre o método planejado (MTM) e o método cronometrado.

3.2.2 BUSCA DE MELHORES MÉTODOS PARA EXECUÇÃO DAS ATIVIDADES

Maynard (2001) considera que um engenheiro de processo, que esteja aplicando um estudo de tempos em busca de melhores métodos, deva ter conhecimento e experiência nas seguintes áreas: (a) materiais; (b) desenho; (c) tipos de equipamento; (d) tempo requerido para realização de atividades; e (e) custo de máquinas e ferramentas.

Segundo Maynard (2001), para que o engenheiro de processo fique habilitado a estabelecer a seqüência de operações mais econômica, ele deverá estar munido de: (a) folhas de análise; (b) diagramas de processo-fluxo ou fluxograma; (c) diagramas de processo-operações; (d) tabelas de carga de máquina; (e) tabelas de disponibilidade de máquinas; (f)

tabelas de capacidade de máquinas; (g) esquema do arranjo físico da fábrica; (h) tabelas de dados padrão; (i) cargas limite de operações da fábrica; (j) tabelas de avanços e velocidades de corte; e (k) dados sobre disponibilidade de mão de obra.

Maynard (2001) define o procedimento da análise de operações para aperfeiçoamento e/ou automação em 5 etapas, descritas a seguir:

1. Observe ou visualize a operação;
2. Faça perguntas;
3. Estime o grau de aperfeiçoamento e/ou automação possíveis;
4. Investigue 10 fatores para aperfeiçoamento e/ou automação: (a) projeto da peça e/ou conjunto; (b) especificação do material; (c) processo de manufatura; (d) finalidade da operação; (e) requisitos de tolerância e inspeção; (f) ferramentas e velocidades, avanço e profundidade de corte; (g) análise do equipamento; (h) arranjo do local de trabalho e análise de movimentos; (i) fluxo de materiais e (j) arranjo físico da fábrica;
5. Compare o método velho com o novo.

Uma vez que a metodologia MTM é uma forma de quantificar os métodos de trabalho, traduzindo os resultados em unidades de tempo, podem-se comparar diversas propostas de trabalho de maneira objetiva sob o aspecto de demanda tempo. As análises MTM permitem ainda a combinação com outros métodos e avaliar aspectos como a ergonomia do posto de trabalho ou os impactos na qualidade do produto.

Segundo a filosofia *lean* os tempos adicionais decorrentes da utilização de métodos não eficazes de produção são considerados desperdício. Durante a execução deste trabalho - pode-se verificar que algumas das principais causas de desperdício são: leiaute (distância); longo tempo de preparação (*setup*); processos incapazes; manutenção deficiente; métodos de trabalho deficientes; falta de treinamento; falta de participação; regras antiquadas de supervisão; medidas de desempenho irrealistas; planejamento e controle da produção ineficiente; falta de organização no local de trabalho; problemas de qualidade no fornecedor etc.

3.2.3 BALANCEANDO A LINHA DE PRODUÇÃO COM MTM

No campo teórico o balanceamento consiste em analisar as atividades de cada posto de trabalho através da metodologia MTM e redistribuir as atividades para que cada posto de trabalho tenha um tempo total aproximadamente igual.

Além de suavizar a produção buscando alcançar um balanceamento perfeito, o balanceamento de linha visa aumentar a produtividade seja através do aumento da taxa de produção global ou através da diminuição da mão de obra ou ambos. Em estudos de casos

realizados em empresas preocupadas não apenas com a produtividade, mas também com os funcionários, os estudos de balanceamento podem apontar postos de trabalho que estejam sobrecarregando os operadores, fazendo com que sejam encontradas alternativas para corrigir tais problemas.

As análises teóricas podem ser feitas através de diversas fontes de informações tais como:

- Observação direta do posto de trabalho;
- Análises através de filmes;
- Análises através de documentações (principalmente para averiguar detalhes como frequência de abastecimentos, manutenções, retrabalhos etc.).
- Análises através de simulações. Existem softwares que possibilitam simular as atividades do operador, porém a simples realização de testes práticos, nos quais o analista realiza as atividades do operador, possibilitam uma percepção real dos movimentos realizados.
- Análises através da experiência. É sempre importante poder contar com a experiência de profissionais, seja do próprio analista, seja de alguém do setor para poder esclarecer eventuais dúvidas e/ou acrescentar detalhes importantes às análises.

Obviamente o ideal para o analista é poder contar com todas as alternativas citadas acima, porém na prática isso nem sempre é possível.

Para balancear os tempos dos postos de trabalho, além de simplesmente redistribuir as atividades, procura-se sugerir alterações que possam facilitar o trabalho do operador de modo que ele necessite de menos tempo para realizar a operação, igualando-o aos demais postos ou permitindo que neste tempo economizado ele possa realizar algumas tarefas adicionais.

Existem métodos matemáticos que permitem distribuir as atividades por postos de trabalho, e existem também softwares disponíveis na Internet para a realização de tais atividades, como o “Applet para Balanceamento de Atividades numa Linha de Produção”, encontrado em GRIMA (2006). Porém, observa-se na prática que em geral as empresas tendem a utilizar o balanceamento “manual”, no qual os planejadores é que distribuem as atividades.

Algumas das razões para o balanceamento de linha ser realizada manualmente são:

- Os *softwares* em geral não contemplam todas as restrições existentes;
- Esforço necessário para se determinar todas as restrições e descrevê-las na linguagem do *software*.

- Em geral os softwares disponíveis não realizam balanceamentos adequados para múltiplas variantes;
- As alterações de distância, de acordo com cada posto de trabalho, são geralmente ignoradas pelo balanceamento automático;
- A solução oferecida pelo software pode não ser única e necessita ser revisada;
- Erros nos tempos apurados costumam passar despercebidos nos balanceamentos automáticos, uma vez que no balanceamento manual a chance de detecção de algum erro grosseiro é maior;
- Para que o balanceamento automático forneça resultados próximos da situação real, o agrupamento das atividades deve ser bem feito e estudado, o que na maioria dos casos já é conduzido normalmente no balanceamento manual.

Com relação ao agrupamento de atividades, não existe tamanho ótimo para um módulo de tempo, o qual depende dos seguintes fatores: (a) do nível de método que está sendo utilizado, (b) de como as análises estão sendo estruturadas, (c) características de cada atividade. Módulos de tempo maiores tendem a agilizar as análises, pois podem ser mais rapidamente reaproveitados, mas em contrapartida módulos menores permitem uma maior precisão no balanceamento. A precisão do balanceamento pode ser representada na Figura 3.2.

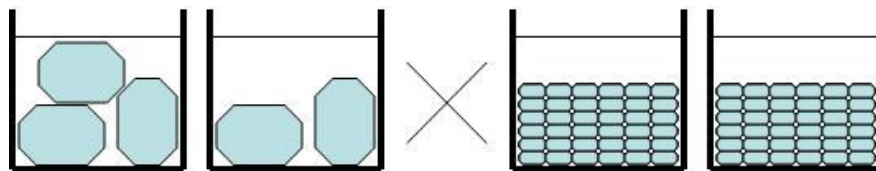


Figura 3.2: Analogia para comparação da precisão de balanceamentos. Fonte: Próprio Autor

Quanto à questão do balanceamento automático, normalmente o mesmo é realizado sem restrições para se ter o número ótimo de postos de trabalho necessários, como parâmetros para estudos de possíveis otimizações.

Outra prática bastante comum é a obtenção do número teórico de postos de trabalho, dividindo-se o tempo total das atividades pelo tempo de ciclo. Este número é em geral de fácil e rápida obtenção, porém acaba sendo grosseiro para este fim, uma vez que ele não considera os tempos individuais de cada atividade. Se este método fosse utilizado para o balanceamento real, o mesmo poderia gerar resultados do tipo: um operador caminha metade do percurso e outro caminha o percurso restante para apanhar uma peça.

Conforme discutido acima, diversas restrições devem ser respeitadas, e alguns

exemplos destas restrições são citados a seguir:

- Restrições de processo, por exemplo, ordem das atividades;
- Restrições ergonômicas, por exemplo, posição de trabalho do operador;
- Restrições físicas da linha, por exemplo, uma linha que possua postos de trabalho internos e externos onde não é possível que um operador atue dos dois lados;
- Restrições técnicas/econômicas, por exemplo, custo do equipamento adicional necessário para que outros operadores realizem determinada atividade;
- Restrições de leiaute e/ou logística, por exemplo, as atividades atribuídas a determinado posto de trabalho sem condições adequadas de movimentação.

Já o balanceamento prático consiste em aplicar as análises teóricas para obter resultados concretos. Nesta etapa do processo o relacionamento humano é muitas vezes o fator chave para o sucesso.

Em linhas de montagem onde são realizados rodízios entre os operadores nos postos de trabalho, as redistribuições de tarefas são normalmente bem recebidas pelos operadores. Porém, nos casos onde cada operador é responsável por seu posto de trabalho, ao ser solicitado para realizar mais tarefas em menos tempo, o operador pode demonstrar seu descontentamento muitas vezes de maneira rude.

Esta situação se agrava quando a política da empresa consiste em verificar a possibilidade de exclusões de postos e, com isso, a demissão de funcionários. Para evitar tais problemas, o diálogo e empatia com os operadores torna-se fundamental. Argumentos que normalmente facilitam os diálogos com os operadores são: (a) demonstrar as propostas de melhorias que estão sendo sugeridas/implantadas; (b) demonstrar atenção às suas solicitações e efetivamente analisá-las; (c) demonstrar preocupação com as condições de trabalho dos operadores, tendo como meta sempre uma solução ergonômica; e (d) buscar sempre alternativas para tornar o trabalho dos operadores mais fácil e menos extenuante.

Na prática, as principais atividades para balancear a linha são: (a) implantar as alterações e propostas de melhorias; (b) redistribuir as atividades entre os postos de trabalho; (c) treinar os operadores a realizarem as tarefas a eles atribuídas; (d) acompanhamento posto a posto para verificar que todos os operadores estão conseguindo realizar suas tarefas no tempo determinado pela análise; e (e) aprovação do balanceamento por parte dos responsáveis.

Tanto para realizar o balanceamento teórico, quanto para implementar o balanceamento prático, a utilização de gráficos mostrou-se uma ferramenta chave durante a execução deste estudo, principalmente pela fácil compreensão de todos os envolvidos.

O gráfico mais comum para representar balanceamentos da produção é o gráfico de balanceamento de operadores, que é normalmente representado através de barras, como

função dos tempos e/ou das cargas de trabalho.

De acordo com a distribuição de atividades, diversas variações de gráficos podem ser elaboradas. A Figura 3.3 mostra um exemplo onde há um detalhamento das atividades por operador e por máquina.

Para as empresas que adotam a filosofia enxuta, o detalhamento das atividades pode evidenciar as atividades que: (a) agregam valor; (b) não agregam valor, porém são necessárias e (c) desperdícios, conforme exemplificado na Figura 3.4. Algumas empresas preferem detalhar esta classificação, explicitando os tempos necessários para atividades de logística, *setup*, manutenção, montagem, desmontagem etc.

Outra forma de apresentar as classificações das atividades é através do gráfico de Pizza, conforme apresentado na Figura 3.5. Esta forma gráfica é normalmente utilizada quando se deseja detalhar a classificação de um posto de trabalho específico e/ou para um conjunto de atividades de um setor de produção.

Quando se deseja demonstrar os instantes de início/fim de cada atividade envolvendo um ou mais operadores e máquinas, pode-se utilizar um gráfico de Gantt adaptado para o balanceamento em questão. A Figura 3.6 exemplifica uma aplicação deste tipo de gráfico.

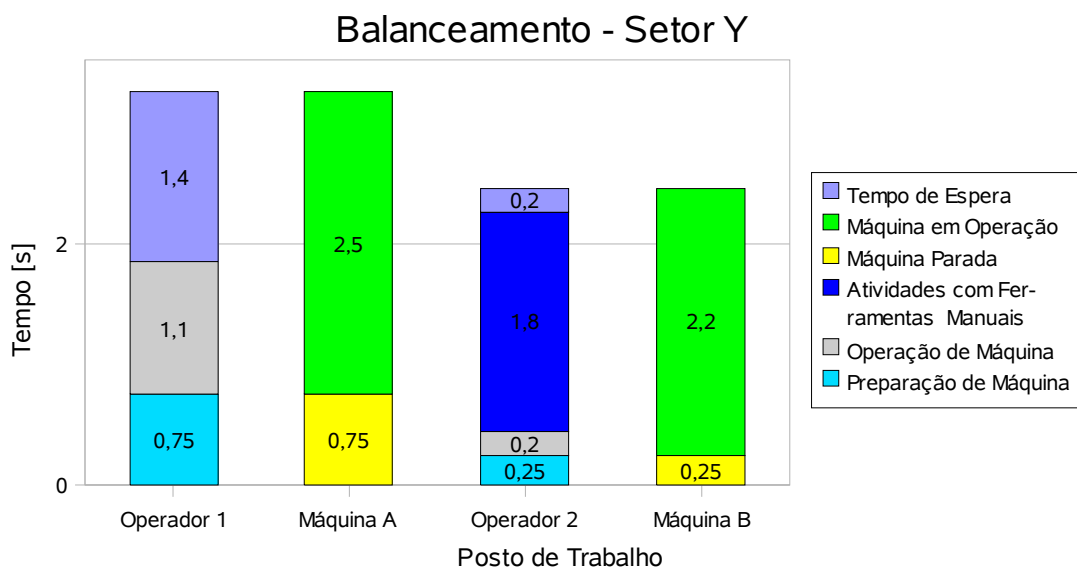


Figura 3.3: Exemplo de Gráfico de Balanceamento com múltiplos operadores por posto de trabalho. Fonte: Próprio Autor.

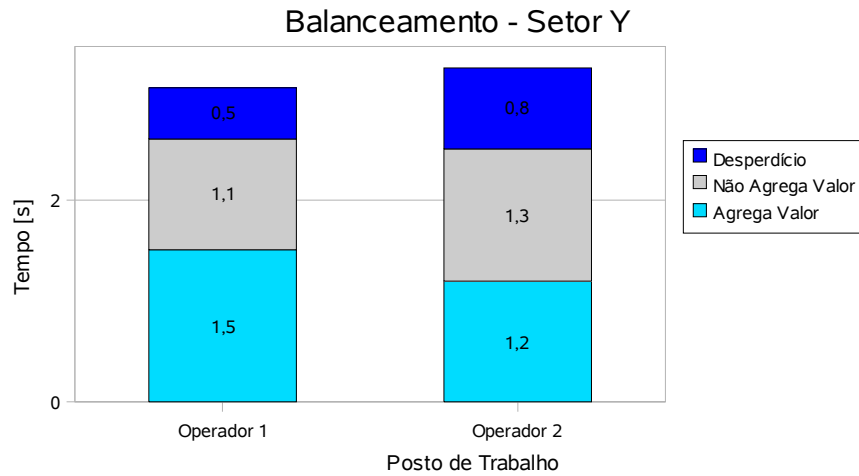


Figura 3.4: Exemplo de Gráfico de Balanceamento com classificação. Fonte: Próprio Autor.

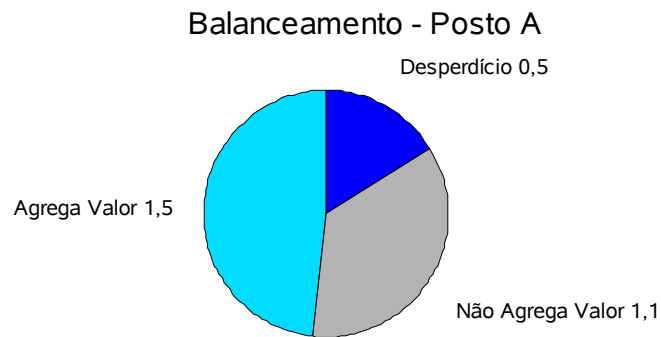


Figura 3.5: Exemplo de Gráfico de Balanceamento em forma de Pizza. Fonte: Próprio Autor.

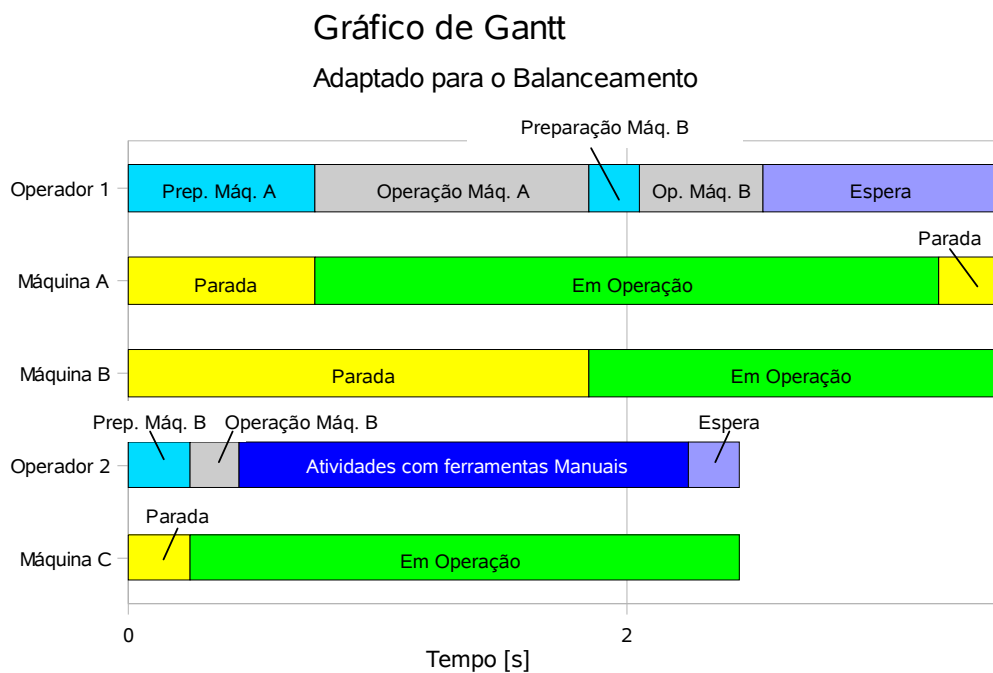


Figura 3.6: Exemplo de Gráfico de Gantt adaptado para o balanceamento. Fonte: Próprio Autor.

3.2.4 PROPOSTAS DE MELHORIA

As propostas de melhoria recebem um tratamento diferente de acordo com cada empresa/departamento e sua condição financeira. Empresas que tenham implantado sistemas de melhoria contínua, círculos de controle da qualidade (CCQ) e programas de incentivo a sugestões, tendem a tratar as propostas de melhoria surgidas a partir da implementação de MTM da mesma forma que as demais propostas, porém uma das grandes vantagens que a ferramenta MTM oferece é a possibilidade de avaliação dos ganhos de implementação de uma determinada melhoria.

Em geral, as propostas são ordenadas, classificadas e priorizadas quanto: (a) ao retorno (benefício) que elas oferecem; (b) facilidade de implementação; (c) investimento necessário; (d) recursos necessários para implementação; e (e) local/setor a ser implementada a melhoria, sendo que setores críticos tendem a ser priorizados. O anexo H mostra um modelo baseado em materiais utilizados pelas empresas analisadas para avaliação de propostas.

3.2.5 TREINAMENTO DE OPERADORES

O treinamento de operadores para executar as atividades é geralmente realizado na prática. Em alguns casos, os operadores assistem palestras e/ou seminários de como as tarefas estão sendo planejadas e realizadas, visando um maior esclarecimento e motivação.

Normalmente, os operadores em treinamento são instruídos e acompanhados durante as atividades diretamente na produção, exceto nos casos especiais onde há riscos tanto para o operador quanto para o produto.

Algumas empresas separam alguns produtos teste e criam condições semelhantes às linhas/células de montagem para que os operadores possam treinar antes de efetivamente executarem as atividades. Tais locais são normalmente chamados de “Linha ou Célula Piloto”. A presença constante de um instrutor em um primeiro momento permite que as atividades sejam corrigidas e aprimoradas, evitando que problemas aconteçam.

Em alguns casos utilizam-se vídeos, onde operadores que possuem o domínio das atividades são mostrados em operação para que os aprendizes possam ter uma boa referência de como realizar a tarefa.

Principalmente nas empresas que realizam rotação de funcionários, uma tabela como a Tabela 3.1 é bastante utilizada para permitir uma fácil visualização de quais operadores estão capacitados para atuar em que estações de trabalho. Esta tabela foi baseada em planilhas utilizadas nas empresas analisadas, porém tabelas semelhantes também podem ser encontradas em Benevides (1999).

Quadros com o leiaute esquemático dos postos de trabalho onde são penduradas placas com os nomes de cada operário nas estações também são bastante utilizadas para permitir a visualização da distribuição momentânea das atividades.

A rotação de cargos, na qual funcionários trocam de atividades uns com os outros a cada período determinado de tempo, tem se mostrado fundamental, pois além de melhorar as questões ergonômicas e motivacionais, torna os funcionários polivalentes, o que facilita a substituição quando necessário.

Tabela 3.1: Visualização do treinamento de operadores.

	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Turno
Operador 1					A
Operador 2					A
Operador 3					A
Apoio 1					A
Operador 4					B
Operador 5					B
Operador 6					B
Apoio 2					B

Status	
	Sem treinamento
	Em treinamento
	Capaz de atuar com auxílio
	Capaz de atuar sozinho
	Capaz de repassar o conhecimento

Fonte: Próprio Autor

Estes conceitos apresentados sobre treinamentos de operadores são enfatizados e complementados por Campos (1995), que destaca dois casos de treinamentos: o caso de rotação de cargos e o caso de estabelecimento de metas.

No caso de rotação de cargos, Campos (1995) descreve sucintamente o método “Mostre e Fale”, que consiste em: (a) um veterano (devidamente certificado na função) conduz o trabalho, explicando ao novato e respondendo a perguntas; (b) o novato tenta fazer o trabalho sozinho; (c) o veterano comenta o desempenho; e (d) o ciclo é repetido até a aprovação final.

Já no caso de estabelecimento de metas desafiadoras, Campos (1995) apresenta o método “Meta e Suporte”, que pode ser resumido em: (a) estabelecimento de meta; (b) permissão para que a pessoa proponha o método para atingir a meta; e (c) fornecimento de suporte à equipe.

3.2.6 VALIDAÇÃO DE POSTOS DE TRABALHO

Após o processo de análise e implementação de melhorias, as análises MTM devem ser aprovadas, e este processo é tratado de diferentes maneiras nas empresas. Questões como o tamanho da empresa, influência dos sindicatos, tipos de hierarquia e os procedimentos e normas internas das empresas influenciam diretamente na forma de como a aprovação é feita.

Quando as análises são feitas por um analista da própria empresa, a burocracia tende a ser menor, pois a pessoa responsável se encontra disponível na empresa. Entretanto, esta endogenia é desvantajosa nos casos de: alguma eventual quebra de confiança, conflito e/ou impasse em termos do tempo atribuído a alguma(s) atividade(s).

Conforme a necessidade, a aprovação das análises é submetida ao pessoal da segurança do trabalho/ergonomia, qualidade, engenharia de processos/industrial, responsáveis pela área/setor como gerentes e/ou supervisores, pessoal do chão de fábrica, líderes e/ou mestres de produção, sindicatos/comissão de fábrica etc., sendo que em algumas empresas apenas o planejador e o responsável do chão fábrica (líder/mestre) é que aprovam as análises, enquanto em outras empresas existe um procedimento definido para que todos os profissionais envolvidos avaliem os postos de trabalho para a aprovação, ou no caso de reprovação para a apresentação de medidas de correção.

Os sindicatos e as comissões de fábrica têm, em algumas empresas, forte influência nos processos de validação das análises MTM. Algumas empresas apresentam acordos específicos com os sindicatos/comissões, onde surgem algumas restrições que devem ser respeitadas como, por exemplo, a proibição de cronometragem e/ou filmagem de qualquer atividade por alguém externo à empresa (consultores, por exemplo).

No Brasil, principalmente em regiões mais sindicalizadas como o ABC paulista, o sindicato deve ser avisado, devendo emitir aceitação antes que algum analista MTM comece as análises, sob pena de o analista ser convidado a se retirar da empresa.

Na Alemanha tem se verificado a forte influência das comissões de fábrica (“*Betriebsrat*”) atuando como espécie de sindicato interno das empresas.

Há de se ressaltar que onde o relacionamento entre as empresas e comissões de fábrica/sindicatos encontra-se em estágios mais evoluídos, há um trabalho cooperativo por ambas as partes para garantir o aumento de produtividade sem que isso necessite gerar demissões, garantindo condições apropriadas de trabalho para todos.

Devido a estes fatos, algumas empresas financiam cursos de MTM para os representantes das comissões e sindicatos de modo a facilitar a comunicação nos processos de análise e validação das atividades.

Pode-se concluir então que cada empresa deve estudar a melhor forma de realizar a aprovação das análises considerando suas características próprias e garantindo a precisão

necessária, porém sem gerar burocracia excessiva.

3.2.7 ACEITAÇÃO DAS ANÁLISES

Análise de tempos produtivos é para muitas empresas um tema polêmico e causador de discussões, sobretudo, pois trata diretamente com as atividades de cada operador e pode inclusive gerar a demissão de funcionários. A metodologia MTM, por tratar diretamente com a questão dos tempos produtivos, acaba sendo incluída dentro desta polêmica.

Por requerer uma descrição detalhada das atividades e por não necessitar avaliações de fatores como ritmo dos operadores, a metodologia MTM pode servir como base para discussão objetiva sobre o tempo avaliado das atividades.

Nos casos estudados, ao apresentar o resultado das análises para os operadores diretos, verificaram-se as mais diversas reações destes operadores, que incluíram desde a simples aceitação ou questionamento detalhado de cada item considerado até o caso de reações rudes e operadores que se negavam a aceitar ou mesmo revisar as análises.

Uma condição solicitada por muitos operadores antes de aceitar as análises era a oportunidade de cronometrar os tempos de suas atividades para comparar com os tempos apontados pelas análises MTM. Após os esclarecimentos de eventuais distorções de tempo conforme mencionado no subitem 3.2.1, e com o convencimento de que os tempos das tabelas MTM estavam corretos, passava-se então para a discussão objetiva do método avaliado em si, verificando, por exemplo, se as distâncias e tolerâncias aplicadas estão de acordo com as condições reais dos postos de trabalho.

Diversos operadores ao analisarem os tempos das atividades solicitavam tempos adicionais para permitir folgas maiores no trabalho. Nestes casos, a melhor forma encontrada para se tratar estes problemas foi agir com correção e honestidade, verificando cada ponto questionado, explicitando o que está sendo considerado em cada análise e, quando for o caso, utilizar de bom senso para acrescentar as atividades que eventualmente não estejam completamente consideradas.

Ressalta-se aqui que uma análise correta traz benefícios a todos, para a empresa pelo fato de poder contar com os dados corretos para seu planejamento e controle, e para os funcionários, que terão argumentos fundamentados quando efetuarem reivindicações no caso de alguma sobrecarga de trabalho.

3.2.8 AUDITORIAS MTM

A NBR ISO 19011 (ABNT, 2002) define auditoria como sendo o “processo

sistemático, documentado e independente para obter evidências de auditoria e avaliá-las objetivamente para determinar a extensão na qual os critérios da auditoria são atendidos”. No caso da metodologia MTM, as auditorias não têm caráter de certificação, logo elas podem ser consideradas como um processo interno da organização.

Segundo Araújo (2004), as auditorias internas são normalmente mais eficientes para a organização devido à possibilidade de utilizar um tempo maior de execução que as auditorias externas, e por serem realizadas na maioria das vezes por pessoal da empresa, tornando-se, com isto, mais fácil encontrar os pontos que necessitam de uma atenção maior, por parte dos envolvidos no processo auditado.

Ainda segundo Araújo (2004), para qualquer que seja o tipo de auditoria, é necessária uma avaliação visando obter informações úteis para a melhoria do processo.

Baseando-se em Haroldo (2006), pode-se dizer que os objetivos de uma auditoria são: (a) servir como *feedback*; (b) medir o padrão atual da metodologia para posteriormente avaliar a sua evolução; (c) verificar o padrão atual da metodologia para comparar à meta estabelecida; (d) servir como ferramenta de promoção contínua da metodologia; (e) comparar a evolução da implantação do processo da metodologia por toda organização; e (f) verificar o estágio de consolidação da implantação da metodologia.

Por não possuírem caráter de certificação, normalmente as auditorias de MTM não são sistematizadas dentro das organizações como as demais auditorias. As auditorias de MTM ocorrem principalmente: (a) após a implementação do método (as auditorias ocorreram normalmente em conjunto com a validação, ou seja, o processo de validação é executado em forma de auditoria); (b) durante a execução de processos de melhoria contínua; (c) após alterações de processos e/ou (d) quando solicitadas pelos operadores.

As auditorias de MTM após a implementação do método, alterações de processo ou melhoria contínua têm como essência a confirmação das análises, e apresentam as dificuldades já mencionadas no subitem 3.2.6 sobre a validação dos postos de trabalho. Porém, verificou-se que as auditorias de MTM são também solicitadas pelos operadores, que vêm nas auditorias a chance de expor suas dificuldades. Alterações de processo, deficiências de projeto, peças defeituosas, ferramentas inadequadas e problemas logísticos são exemplos de problemas que podem passar despercebidos antes da produção e que acarretam grandes impactos nas atividades dos operadores diretos. Quando problemas como esses são reconhecidos pelos responsáveis pelo planejamento, as auditorias têm se mostrado um importante meio para solucioná-los.

Uma auditoria que também é muito aplicada para a metodologia MTM é a auditoria de potencial, a qual é realizada antes da aplicação do método na empresa, para verificar os

potenciais de implantação do MTM. Na auditoria de potencial se verificam as áreas críticas nas quais a metodologia deve ser enfatizada. A Figura 3.7 exemplifica um gráfico resultante de uma auditoria de potencial.

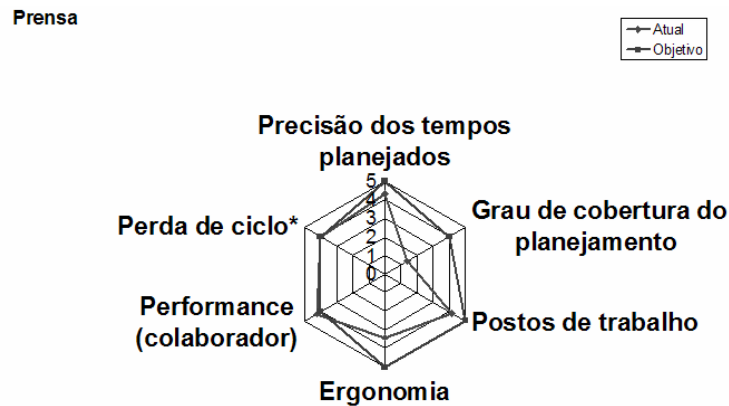


Figura 3.7: Exemplo de gráfico resultante de uma auditoria de potencial para a implantação da metodologia MTM. Fonte: Próprio Autor.

Haroldo (2006) cita ainda que os principais problemas encontrados nas auditorias são: (a) falta de domínio dos conceitos por parte dos auditores; (b) diferenças na capacidade de observação; (c) interpretação inadequada dos critérios de avaliação; (d) falta de bom senso do auditor; e (e) falta de boa vontade do auditado.

3.3 COMO OTIMIZAR UM PROCESSO

Slack (1993) citou que “... o sucesso competitivo da empresa como um todo é uma consequência direta de suas funções de manufatura terem desempenho superior do que qualquer outro dos seus concorrentes”. Analisando-se a produção como setor estratégico da empresa, pode-se considerar que uma empresa poderá se diferenciar em três aspectos: no produto, na fábrica e nas facilidades do local de produção.

Segundo Shingo (1996a), os processos podem ser melhorados de duas maneiras: melhorando o produto em si através da engenharia de valor, ou melhorando os métodos de fabricação do ponto de vista da engenharia de produção ou da tecnologia de fabricação.

Já Slack *et al* (1999) apresentam duas estratégias particulares de melhoramentos, que são os melhoramentos revolucionários e o melhoramento contínuo, e a Tabela 3.2 apresenta um resumo das características de cada tipo de melhoramento.

Ao analisar as empresas estudadas neste trabalho, e também a bibliografia pesquisada pode-se chegar à conclusão que não existe método único e universal que possa ser sempre

implantado com sucesso. No item anterior detalhou-se um exemplo de melhoria que levou ao aumento da produtividade com o auxílio da metodologia MTM. Porém, a metodologia MTM por si só não aumenta a produtividade, uma vez que, analisada de maneira isolada, esta metodologia torna-se um mero verificador de tempos. O potencial desta metodologia está na possibilidade de combinação com outros métodos, pois através do detalhamento das atividades pode-se perceber falhas e desperdícios que passariam despercebidos por outras técnicas.

Nos subitens a seguir são descritas outras técnicas verificadas na prática durante a execução deste estudo que podem ser combinadas com a metodologia MTM e auxiliaram na execução deste trabalho na busca por melhores métodos e propostas de melhorias.

Tabela 3.2: Melhoramento contínuo e revolucionário.

	Melhoramento revolucionário	Melhoramento Contínuo
Efeito	Curto prazo, mas dramático	Longo prazo, mas não dramático.
Passo	Passos grandes	Passos pequenos
Armação de tempo	Intermitente e não incremental	Contínuo e incremental
Mudança	Abrupta e volátil	Gradual e constante
Envolvimento	Seleciona alguns “campeões”	Todos
Abordagem	Individualismo, idéias e esforços individuais	Coletivismo, esforços de grupo e abordagem de sistemas
Estímulos	Inovação tecnológica, novas invenções, novas teorias	<i>Know-how</i> tradicional e estado da arte
Riscos	Concentrados, “todos os ovos em uma cesta”	Dispersos, muitos projetos simultaneos.
Requisitos práticos	Requer grande investimento, mas pequeno esforço para mantê-lo	Requer pequeno investimento, mas grande esforço para mantê-lo.
Orientação de esforços	Tecnologia	Pessoas
Crítérios de avaliação	Resultados por lucro	Processo e esforço por melhores resultados

Fonte: Slack *et al* (1999).

3.3.1 PADRONIZAR.

“Os tempos padrão só têm significado quando os métodos são padronizados” (MAYNARD, 2001). Padrões são necessários para que possam servir de base para as melhorias. Slack *et al* (1999) cita como possíveis padrões de desempenho: (a) os padrões históricos (comparar o desempenho atual com desempenhos anteriores); (b) os padrões de desempenho alvos (padrões estabelecidos arbitrariamente para refletir algum nível de desempenho que é visto como adequado ou razoável); (c) os padrões de desempenho da concorrência; (d) os padrões de desempenho absolutos (padrões tomados em seus limites teóricos) e o (e) *Benchmarking*.

Um processo realizado por operadores humanos possui grande variabilidade. Verifica-se que os operadores atuam a cada instante de maneira diferente, e isto dificulta as análises e

todo o processo de otimização. Criando-se um “processo padrão”, ter-se-á então uma base comparativa para melhorias. Caso o operador seja mais eficiente que o processo padrão, torna-se mais fácil adaptar o padrão à metodologia utilizada pelo operador. O contrário também é verdadeiro, pois com um método padrão, torna-se mais fácil instruir os operadores que não conseguem executar as atividades no tempo necessário. A partir de um padrão, as melhorias podem ser analisadas objetivamente, e na grande maioria dos casos quantificada.

Quanto à questão “o que deve ser padronizado?”, pode-se sem grande exagero responder “tudo”. O problema chave nesta discussão não é o que deve ser padronizado, mas sim “como” padronizar de forma a evitar um desperdício burocrático.

A padronização não deve ser imposta. A realidade do chão de fábrica deve ser modificada de forma que haja um clima de aceitação e, com isso, aproveitar os benefícios da padronização. De acordo com práticas estabelecidas pelas empresas analisadas pode-se estabelecer, de forma resumida, que a padronização: (a) é a base da melhoria contínua; (b) garante processos seguros, pois torna as atividades transparentes; (c) ajuda na solução de problemas, pois gera um patamar que torna os problemas fáceis de serem identificados; (d) estabiliza o processo; (e) ajuda a acabar com os métodos ruins/ineficientes; e (f) pode ser auxiliada por gerenciamentos visuais como, por exemplo, marcações no chão e/ou sinalizações nas estantes.

Alguns dos principais padrões verificados nas indústrias automobilísticas avaliadas são descritos a seguir.

- **Trabalho em um tacto**

O trabalho em um tacto consiste na realização das atividades de um ou mais postos de trabalho dentro do espaço de uma estação de trabalho. A estação de trabalho é normalmente dimensionada de acordo com o tamanho do produto a ser produzido acrescentando-se uma distância entre dois produtos a serem produzidos. Normalmente, as áreas das estações de trabalho são demarcadas no chão para facilitar a visualização e controle, além de receberem indicativos com suas respectivas numerações.

Dentre as vantagens de se trabalhar com este procedimento tem-se: (a) possibilidade de se ter processos bem definidos e quantificáveis, (b) evitar que os operadores sejam obstruídos por barreiras, (c) gera processos estáveis e repetitivos que fornecem ótimo padrão para melhorias contínuas, (d) possibilidade de bom planejamento do processo, e (e) facilitam trabalhar com funcionários de apoio.

Como desvantagens deste método podem-se citar: (a) a necessidade de se disponibilizar os materiais de forma individual gerando grande carga logística, (b) nas falhas

de um operador o funcionário de apoio deve agir rápido o que requer medidas de grande flexibilidade, (c) determinados processos podem se tornar críticos sob o ponto de vista ergonômico devido as cargas e repetições do trabalho.

Deve-se atentar ao fato de que tactos de lados opostos podem estar tanto alinhados quanto desalinhados, conforme as necessidades do processo. Outra característica é que conforme a conveniência do balanceamento pode-se utilizar dois operadores realizando as atividades de dois tactos (isto é, um deles trabalha em um produto e o produto seguinte é trabalhado pelo colega) ou outras combinações tais como três operadores para três tactos etc.

Para se realizar as atividades conforme o princípio de um tacto algumas condições tornam-se primordiais, tais como: (a) presença de funcionários de apoio; (b) a rotação dos funcionários para o enriquecimento de cargos e por questões ergonômicas; (c) utilização de dispositivos de movimentação de forma a utilizar de forma igual a logística e a montagem e (d) treinamento e conscientização de cada operador.

- **Tempo de ciclos fixos**

A partir do princípio do trabalho em um tacto, muitas pessoas imaginam que os tempos devem ser variáveis, seguindo a lógica de que para produzir mais bastaria acelerar a linha de montagem, diminuindo o tempo de ciclo.

Porém, apesar de ser tentadora, esta idéia é falsa uma vez que: (a) realizar mais atividades em um tempo menor do que o planejado pode e tende a afetar diretamente a qualidade do trabalho gerando desperdícios; e (b) os tempos planejados consideram as questões ergonômicas e são acordados com os trabalhadores. De forma figurada não se pode esperar que um corredor de maratona (representando um operador que trabalha durante todo o dia) corra num ritmo de um corredor de 100 metros rasos.

Quando se eliminam todos os gargalos da produção e a demanda exige uma maior produção, obviamente deve-se alterar os tempos de ciclo, mas enfatiza-se aqui que esta alteração é feita de maneira estruturada, considerando todos os postos de trabalho da linha de produção e com uma frequência baixa. Além disso, fixando-se o tempo de ciclo gera-se um padrão que servirá como base para melhorias.

- **Ponto de referência nos produtos**

Como extrapolação à regra de trabalho em um tacto, pode-se citar a criação de um ponto de referência para os produtos. Este regra ajuda na identificação e padronização dos postos de trabalho e é essencial para produtos com diferentes tamanhos, pois serve de base para o *setup* de máquinas e equipamentos.

- **Movimentação em triângulo**

A movimentação em triângulo consiste em padronizar a movimentação dos operadores de forma a reduzir o “vai-e-vem” para apanhar peças e ferramentas. Esta movimentação consiste em: 1º mover-se do início da estação de trabalho até o final da estação (realização dos processos produtivos); 2º mover-se do final da estação de trabalho até a bancada/prateleira (apanhar peças e ferramentas necessárias); e 3º mover-se da bancada/prateleira de volta ao início da estação de trabalho.

Este princípio também pode ser aplicado a produtos menores, onde a movimentação é feita principalmente pelas mãos e braços, e assim seriam estruturados os locais de abastecimento de parafusos, porcas e/ou outras peças similares. Este princípio pode ser visualizado na Figura 3.8.

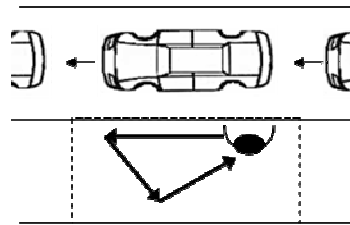


Figura 3.8: Esquema de movimentação em triângulo em um tacto. Fonte: Próprio Autor.

Para a execução deste princípio, um artifício bastante usado na indústria automobilística é a utilização de carrinhos transportadores para que peças e ferramentas estejam sempre dentro de sua área de alcance do operador. Estes carrinhos funcionam como uma bancada móvel que o operador empurra/puxa até o próximo produto e então o fixa junto à linha de produção para facilitar o seu trabalho e diminuir o desperdício de movimentação.

- **Materiais disponibilizados na área da estação**

Todos os materiais necessários para o operador realizar a sua atividade (ferramentas, peças, documentações) devem estar disponíveis dentro da sua estação de trabalho, evitando deslocamentos desnecessários para apanhá-los. Além disso, para se diminuir o desperdício, algumas condições que podem ser aplicadas são: (a) sinalização para logística através de *Kanbans*; (b) não colocar muitas peças na linha; e (c) posicionar as peças de forma a beneficiar a ergonomia e a movimentação em triângulo do operador.

- **Evitar bloqueio na movimentação**

No caso da indústria automobilística, um exemplo de bloqueio na movimentação do operador seria o trabalho de um mesmo operador dos dois lados do veículo. Quando o operador realiza atividades em ambos os lados do veículo, ele deve obrigatoriamente se

deslocar de um lado para o outro constantemente, porém este movimento não agrega valor e deve ser evitado.

- **Alarmes de qualidade e alarmes de parada de linha**

Os alarmes de qualidade consistem em sinais luminosos (e algumas vezes sonoros) que indicam que determinada estação de trabalho apresenta problemas. Os alarmes de parada de linha efetivamente param a linha ao serem acionados. Ambos têm a mesma função, isto é, permitir a correção de eventuais problemas ocorridos durante as atividades na estação de trabalho. Porém, os alarmes de parada de linha só devem ser acionados em casos graves ou problemas que não podem ser sanados rapidamente. Os alarmes de qualidade normalmente servem de chamariz para que o operador de apoio possa vir até a estação e ajude os operadores a solucionar o problema. Normalmente existem marcações (ou simplesmente pontos de referência) nos quais a partir deste ponto o alarme deve ser acionado.

No caso das indústrias automobilísticas, estas referências podem ser, por exemplo, uma marcação na estação correspondente a 70% do veículo. Esta marcação (que pode ser uma faixa no chão e/ou um ponto de referência no veículo) auxilia os operadores a verificar o andamento das atividades. Quando o veículo (que é constantemente movimentado pela linha de produção) atinge esta marca, o operador verifica se as atividades de montagem críticas estão concluídas, e caso elas não estiverem concluídas, ele aciona o alarme de qualidade para solicitar ajuda.

Normalmente, qualquer operador tem autonomia para acionar qualquer um dos alarmes, mas para que isto ocorra é realizado um trabalho de orientação e conscientização dos operadores para que estes alarmes não sejam utilizados de maneira incorreta e/ou abusiva.

- **Uso de equipamentos limitados dentro da estação**

Os equipamentos que não são portáteis devem ter sua área de atuação restrita unicamente à área da estação de trabalho, eventualmente com alguma folga (tolerância que extrapola a estação de trabalho para postos de carga elevada de trabalho). Esta medida força que as atividades sejam realizadas dentro das áreas estabelecidas, e nos casos em que o operador não conseguir concluir a atividade, ele deve acionar os alarmes adequados para solicitar o auxílio do operador de apoio.

- **Meta para percentual de atividades que agregam valor**

Como mencionado anteriormente, empresas que seguem o princípio da manufatura enxuta tendem a classificar as atividades em: (a) atividades que agregam valor ao produto, (b)

atividades que não agregam valor ao produto, porém são necessárias; e (c) desperdícios. Algumas empresas aplicam subclassificações onde são detalhadas atividades de manutenção, *setup*, entre outras.

Ao se estabelecer metas para o percentual de atividades que agregam valor, gera-se uma necessidade de análise e melhoria de cada posto de trabalho, uma vez que para o atendimento destas metas, obrigatoriamente necessita-se eliminar os desperdícios.

- **Evitar processos que exijam mais de um operador**

Processos que requerem que dois ou mais operadores apanhem e posicionem uma peça pesada e volumosa, por exemplo, devem ser evitados, pois com dois ou mais operadores realizando uma mesma atividade, frequentemente um operador tem que aguardar o outro, causando tempos de esperas que são desperdícios, além da possibilidade de um operador atrapalhar o outro. Uma das soluções possíveis é a utilização de dispositivos de transporte que permitam um só operador movimentar as peças sozinho.

- **Dispositivos de transporte para garantir postos ergonômicos**

Dispositivos de transporte, tais como talhas, braços giratórios e pórticos móveis, além de permitirem que um único operador manuseie peças pesadas e volumosas, normalmente contribuem significativamente para a ergonomia dos postos de trabalho.

Apesar de tidos como meta e buscados pelas empresas, os dispositivos de transporte nem sempre são aplicáveis, pois exigem investimentos, que os torna inviáveis em algumas situações, como no caso de baixos volumes de produção e produtos de baixo valor agregado.

- **Utilização de “Andons”**

Andons são painéis normalmente eletrônicos posicionados sobre a linha de produção, onde pode-se visualizar de maneira fácil e rápida o estado da linha com informações como produção planejada, produção realizada, diferença entre planejado e realizado e também informações sobre os postos que estão com problemas. A Figura 3.9 mostra um exemplo de placar *Andon*.

LINHA 1	POSTO						
META	1	2	3	4	5	6	7
428	8	9	10	11	12	13	14
ATUAL	15	16	17	18	19	20	21
324	22	23	24	25	26	27	28

Figura 3.9: Exemplo de *Andon*. Fonte: Próprio Autor.

3.3.2 LEIAUTE.

A melhoria do leiaute pode gerar ganhos significativos de produtividade e normalmente implicam em custos mínimos. Segundo Shingo (1996a), o transporte ou a movimentação dos materiais corresponde a um custo que não agrega valor ao produto. Segundo ele, o transporte representa cerca de 45% dos custos de mão-de-obra, e por isso deve-se buscar implementar melhorias de leiaute que proporcionem uma redução das distâncias percorridas por materiais e operadores. Uma melhoria de leiaute pode permitir o aumento da eficiência da produção de maneira real, uma vez que elimina a função transporte (ou parte dela) ao invés de apenas melhorar o trabalho do transporte, fato que ocorre na utilização de calhas de transporte e empilhadeiras entre outros.

Além de permitir a melhoria do transporte, a melhoria do leiaute está intimamente ligada com a melhoria ergonômica dos locais de trabalho.

3.3.3 UTILIZAR OS DADOS QUE A METODOLOGIA MTM FORNECE.

A metodologia MTM contém um grande *know-how* resultante de décadas de utilização. Seus parâmetros de influência podem ser considerados como um resumo dos aspectos que podem ser melhorados. Maynard (2001) e MTM (2005a) apresentam os parâmetros de influência dos movimentos, cujos principais podem ser resumidos em: (a) esforço de controle e (b) extensão do movimento.

O esforço de controle não consta diretamente como parâmetro de influência de nenhum dos movimentos, mas pode ser verificado em função das atividades de controle necessárias para realizar o movimento, a saber: (a) controle muscular; (b) controle visual; e (c) controle mental, neste caso também conhecido como decisões simples.

Verificando-se detalhadamente, de acordo com os movimentos básicos, os parâmetros apontados por Maynard (2001) e MTM (2005a) são:

- Movimento de Alcançar: (a) extensão do movimento; (b) caso de movimentação; e (c) tipo de percurso do movimento;
- Movimento de Pegar: (a) tipo do pegar; (b) posicionamento do objeto; e (c) composição do objeto (dimensões);
- Movimento de Soltar: caso de soltar;
- Movimento de Mover: (a) extensão do movimento; (b) caso de movimentação; (c) tipo de percurso dos movimentos; e (d) esforço despendido;
- Movimento de Posicionar – Encaixar: (a) classe de ajuste; (b) condição de simetria; e (c) manuseio;

- Movimento de aplicar pressão: caso de movimentação;
- Movimento de Separar: (a) classe de ajuste; e (b) manuseio;
- Movimento de Torcer: (a) ângulo de torção; e (b) esforço despendido;
- Movimento de Deslocar direção do olhar: (a) distância entre dois pontos focais; (b) distância dos olhos até a linha de união dos pontos focais; e (c) localização das características;
- Movimento de Movimento do pé: força despendida;
- Movimento de Movimento da perna: extensão do movimento;
- Movimento de Passo lateral: (a) extensão do movimento; e (b) caso de movimentação;
- Movimento de Giro de Corpo: (a) caso de movimentação;
- Movimento de Andar: (a) quantidade de passos; e (b) tipo de andar.

Outro modo de se verificar os aspectos que podem ser melhorados pode ser verificado pelas regras apontadas para a aplicação da metodologia MTM, e algumas das regras que indicam claramente aspectos que podem ser melhorados são:

- Regra R-4: Caso de movimentação “A”, que corresponde a “Alcançar um objeto que se encontra sempre num local bem definido”, só pode ser considerado quando o local estiver fixado na memória por meio de um alto grau de treinamento, tanto que o movimento pode ser realizado sem controle visual.
- Regra M-2: Um movimento de mover em que a folga for menor ou igual a 12 mm terá de ser sucedido por um movimento de posicionar.

Além das regras enumeradas por MTM (2005a), outras orientações para a aplicação da metodologia também podem ser utilizadas, tais como os casos seguintes em que se deve considerar um manuseio difícil para os movimentos de posicionar: (a) necessidade de deslocar os dedos durante o posicionamento; (b) restrição visual no local do posicionamento; (c) interferência por falta de espaço no local do posicionamento; (d) distância até o ponto de pegar superior a 7,5 cm; (e) peças de canto afiado (risco de provocar ferimentos); (f) peças quebradiças (frágeis ou com risco de causar danos); (g) peças engraxadas; (h) peças flexíveis; e (i) peças com peso maior que um daN (1 daN = 10 N).

Obviamente, nem todos os itens a serem analisados estão contemplados de forma direta pela metodologia MTM, como por exemplo o caso do manuseio de objetos sobre a cabeça, que exige maior esforço do que manuseá-los próximos a altura do tronco. Porém, a partir da análise das informações fornecidas pela metodologia, pode-se realizar questionamentos de modo a verificar e implementar melhorias tais como:

- A peça/equipamento pode ser mais leve?

- Como se pode mover o item de forma a minimizar o esforço do operador?
- A forma dos objetos é apropriada para o manuseio? Os pontos de inserção/montagem, facilitam o encaixe/ajuste?
- Os objetos estão posicionados em locais apropriados e de fácil acesso?

3.3.4 ESTUDE OS TEMPOS DE PROCESSO/ DE ESPERA.

O tempo que um operador espera uma máquina realizar seu processo é um desperdício e como tal deve ser eliminado. Deve-se nesse caso verificar e buscar alternativas para que o operador execute outras atividades durante o tempo de espera, além de alternativas que diminuam estes tempos, os quais são medidas básicas para empresas que desejam buscar a melhoria contínua e processos enxutos.

3.3.5 CUIDAR PARA QUE UMA MELHORIA LOCAL NÃO PIORE A SITUAÇÃO GLOBAL.

O método MTM apresenta um foco nas atividades locais, visto que os dados de tempo, que são a base para todo o trabalho, são baseados nas atividades de operadores/postos de trabalho individualmente, mesmo que numa etapa posterior eles sejam combinados para permitir uma análise mais abrangente. Este fato pode resultar na proposição de melhorias comprovadamente boas para um determinado posto de trabalho, mas que se observadas de um ponto de vista mais amplo são ruins.

Uma situação que pode ocorrer e deve ser evitada é a retirada de uma pequena atividade de montagem de um conjunto da linha de produção, alocando-a num posto de pré-montagem. Os postos de pré-montagem são muito úteis em diversas situações como: pré-montagens que demoram tempo excessivo (superior ao tempo de ciclo), casos em que é necessário montar diversas peças com dispositivos semelhantes e que são utilizadas em vários locais da linha de montagem e/ou quando uma determinada peça requer a utilização de dispositivos de montagem cujo posicionamento próximo à linha de montagem é inviável.

Devido às vantagens dos postos de pré-montagem, um analista MTM pode propor que determinadas atividades sejam realizadas num posto de pré-montagem como solução para melhorar o balanceamento de uma linha de produção, o que, a princípio, é uma boa solução. Porém, muitas vezes as análises das atividades extras (tais como o transporte dos itens prontos para a linha de montagem) necessárias para a utilização de um posto de pré-montagem são desconsideradas. Num caso desfavorável, pode ocorrer que a economia de um posto de trabalho na linha de produção acarrete o acréscimo de dois ou mais novos postos de trabalho

fora dela. Principalmente nos casos em que estas atividades extras são diluídas por vários operadores, este desperdício pode passar despercebido. Logo, por mais vantajosa que uma melhoria possa parecer, todas as implicações resultantes da mesma devem ser analisadas.

3.3.6 UTILIZAR A EXPERIÊNCIA DOS OPERADORES.

Mesmo nos casos em que os operadores possuem menor grau de instrução, o fato deles atuarem diretamente no local a ser analisado e vivenciarem os problemas faz com que eles adquiram um conhecimento valioso para a empresa. Muitas vezes soluções com alto nível tecnológico são superadas pelas idéias simples dos operadores, e deixar de aproveitar este conhecimento prático deve ser considerado como um grande desperdício.

3.3.7 ESQUEMATIZAR O PROCESSO.

Entender profundamente o processo permite a identificação de pontos falhos, e com isso melhorá-los. Neste caso, um esquema do processo pode ser utilizado como um resumo das informações de interesse de modo a permitir uma visualização rápida e simples. Diagramas, tais como os diagramas de espaguete, podem ser utilizados para esquematizar um processo. A Figura 3.10 apresenta um exemplo de um processo esquematizado baseado em um dos estudos realizados nas empresas neste trabalho, no qual um operador apanha diferentes tipos de peças de acordo com o modelo do veículo a ser montado e os instala nos automóveis.

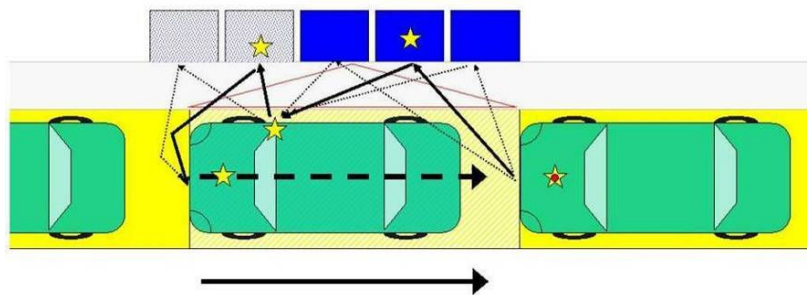


Figura 3.10: Exemplo de esquema de processo. Fonte: Próprio Autor.

Além de facilitar o entendimento por parte dos analistas do processo, estes esquemas se mostraram muito úteis para facilitar a comunicação entre os analistas, operadores e líderes de produção.

3.3.8 INCENTIVAR A BUSCA DE SOLUÇÕES COLETIVAS.

Diferentes pessoas têm diferentes percepções sobre um mesmo tema, além de possuírem diferentes experiências e conhecimentos. Combinar estas forças é extremamente útil para se encontrar soluções de melhorias do processo. Segundo Campos (1995), o desafio leva as pessoas a procurar novos recursos de conhecimento e de habilidade para resolvê-los, promovendo assim o auto-desenvolvimento, porém o mútuo desenvolvimento é uma decorrência natural do trabalho em grupo, onde um ajuda o outro no decorrer da solução dos problemas.

Os Círculos de Controle da Qualidade, metodologias *Kaizen*, além de ferramentas como o *Brainstorming*, são evidências de que as soluções coletivas devem ser incentivadas e que podem gerar retorno para a empresa, tanto qualitativos (melhoria da auto-estima dos operadores, da imagem da empresa perante seus funcionários etc.) quanto quantitativos (aumento da produtividade, diminuição de horas de manutenção, retorno financeiro etc.).

3.3.9 FUNCIONÁRIOS DE APOIO

Principalmente nos casos das linhas de produção as empresas costumam utilizar funcionários de apoio que também são conhecidos como recuperadores, líderes de produção, abastecedores etc. Estes operadores multifuncionais são bastante importantes para as linhas de produção, uma vez que eles auxiliam bastante na suavização das linhas de produção através da eliminação de distúrbios.

Na maioria dos casos, os funcionários de apoio não recebem nenhuma função específica, sendo utilizados para atividades como: (a) substituição de operadores, por exemplo, nos casos de necessidades fisiológicas ou falta de algum funcionário; (b) ajudar nas atividades com atraso para recuperar o tempo perdido; (c) executar operações de retrabalho; (d) garantir o funcionamento de robôs; e (e) atividades de manutenção.

Porém muitos operadores de apoio também possuem atividades regulares como: (a) abastecer os postos de trabalho; (b) trocar paletes vazios por cheios; (c) trocar/recarregar baterias de ferramentas/equipamentos; (d) atividades de pré-montagem; (e) desembalar peças; (f) separar/desembaralhar cabos; (g) seqüenciar as peças; (h) manutenção preventiva; (i) atividades em produtos que requeiram atividades adicionais.

Para os operadores de apoio, as atividades regulares são analisadas por MTM como as atividades de qualquer outro operador, porém algumas das atividades não regulares não são analisadas com MTM, tais como a substituição de operadores que necessitam ir ao banheiro e/ou corrigir uma falha de montagem.

Pode-se perceber que a carga dos operadores de apoio é normalmente baixa, pois a

proporção de atividades regulares tende a ser pequena. O tempo não utilizado para as atividades regulares deve ser suficiente para permitir que o operador de apoio possa resolver as ocorrências dos quais ele é responsável. Uma análise estatística e/ou a metodologia multi-momento poderiam ser utilizadas nestes casos para se analisar a quantidade de operadores de apoio necessários. A Tabela 3.3 exemplifica o cálculo de carga de trabalho para operadores de apoio.

Tabela 3.3: Exemplo de cálculo da carga para operadores de apoio.

Tempo de tacto da linha: 60 segundos. Turno de 8 horas.	
Atividades	Tempo / frequência – Tempo / Ciclo
Abastecer os postos 1, 2, 3 e 4	5 minutos a cada hora – 5s
Montar item opcional no posto 4	30s a cada 10 produtos – 3s
Substituir operadores (idas ao banheiro)	10 minutos a cada hora – 10s
Reparar montagens defeituosas	2 minutos a cada 20 produtos – 6s
Atividades administrativas	2 horas por dia – 15s
Tempo total/produto - % carga de trabalho	39 s /produto – carga de trabalho 65%

Fonte: Próprio Autor.

Neste exemplo, o operador de apoio trabalha com uma carga de 65%, o que seria inadmissível em grande parte dos postos diretos da linha de produção. Porém, tal situação se faz necessária, pois as atividades do operador de apoio não são necessariamente sequenciais nem obedecem ao ciclo de produção. Em outras palavras, o operador de apoio pode ter que reparar uma montagem defeituosa ao mesmo tempo em que está substituindo um operador que foi ao banheiro.

O número de operadores de apoio necessários depende não apenas da carga de trabalho, mas também das características de cada linha de produção. Nas empresas avaliadas, os operadores de apoio auxiliavam de quatro a vinte e cinco operadores diretos da linha de montagem.

3.3.10 OUTRAS MEDIDAS PARA SE OTIMIZAR UM PROCESSO

Neste item, foram propostas diversas técnicas para se melhorar um processo, as quais foram: questionamento, padronização (com sugestões de padrões que podem ser aplicados a linhas de produção), melhoria de leiaute, aproveitamento das informações fornecidas pela metodologia MTM, análises dos tempos de espera, cuidados com melhorias locais, aproveitamento da experiência dos operadores e de soluções coletivas além da utilização de funcionários de apoio. Todas estas técnicas puderam ser verificadas na prática junto às empresas com resultados positivos.

Essas propostas aqui listadas correspondem a apenas algumas das possibilidades de se melhorar um processo, porém limitar estas medidas a uma lista, por mais completa que ela seja, pode ser considerado inadequado, uma vez que a criatividade humana é ilimitada, assim como as possibilidades de se melhorar um processo. Logo, as técnicas aqui apontadas devem ser utilizadas como guia e não como regra geral para se melhorar o processo, uma vez que muitas outras possibilidades podem ser implantadas com sucesso.

3.4 INICIANDO A APLICAÇÃO DE MTM

Segundo Sugai (2003), o processo de aplicação de MTM deve ser considerado como um processo de melhoria contínua e cita seis etapas para aplicação para um posto de trabalho e 4 etapas para a aplicação em uma empresa como um todo, que podem ser resumidas nas Figura 3.11 e Figura 3.12 respectivamente.

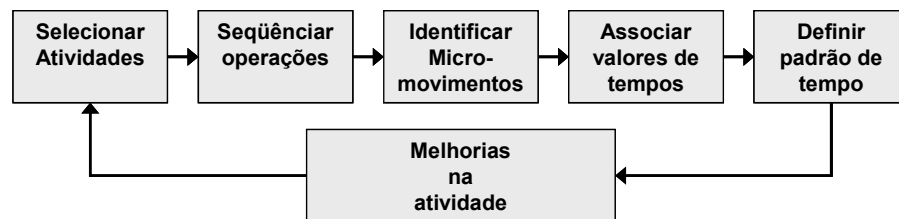


Figura 3.11: Processo de Melhoria Contínua na Aplicação de MTM em um posto de trabalho, Fonte: Sugai (2003)



Figura 3.12: Processo de implantação de MTM em uma empresa, Fonte: Sugai (2003).

Um item que poderia ser introduzido entre os itens 3 e 4 do processo de implantação sugerido por Sugai (2003) para a empresa como um todo (Figura 3.12) é o item de estruturação dos dados. Após a realização do projeto piloto, do treinamento dos funcionários, e a aprovação do projeto, porém antes de se iniciar a aplicação da metodologia MTM para toda a empresa deve-se implantar uma estruturação dos dados de forma que a partir de módulos de tempo neutros sejam criados os módulos de tempo específicos para cada setor/tipo de atividade, buscando: (a) adequar o nível de método das análises; (b) evitar

duplicidade e retrabalhos; (c) padronizar a implantação para toda a empresa; e (d) agilizar as análises a serem desenvolvidas. A figura do anexo I mostra o princípio de estruturação dos dados sob a ótica do nível de métodos.

Outra observação a ser feita é quanto ao treinamento dos operadores. Segundo Sugai (2003), cada treinamento costuma ser longo, porém o investimento se faz necessário para o sucesso da implantação. Sem funcionários internos bem treinados, dificilmente o MTM subsistirá no longo prazo. Em função da importância dos treinamentos sugere-se que estes sejam realizados após a aprovação do projeto, para que um aval da alta direção permita que estes sejam realizados de maneira apropriada.

Com as considerações aqui realizadas, o processo para implantação de MTM em uma empresa pode ser resumido na Figura 3.13.



Figura 3.13: Implantação de MTM em uma empresa, Fonte: Próprio Autor.

3.5 DIFICULDADES E FATORES CRÍTICOS PARA O SUCESSO DA IMPLANTAÇÃO

Segundo Sugai (2003), os fatores críticos para o sucesso da implantação da metodologia MTM em uma empresa são: (a) apoio da alta administração; (b) treinamento; (c) acompanhamento (o trabalho inicial deve ser acompanhado por um agente externo com experiência no método); e (d) transformação do MTM em cultura.

As dificuldades de implantação da metodologia MTM se assemelham às dificuldades de implantação de outras metodologias. Baseando-se nos casos estudados para a realização deste trabalho e em informações disponíveis na literatura para implantação de outras metodologias (por exemplo, Haroldo (2006) ao descrever as dificuldades de implantação da metodologia 5S), pode-se concluir que as principais dificuldades para implantação da metodologia MTM são:

- Comprometer as pessoas que trabalham em turnos;
- Dificuldade das pessoas entenderem o que realmente é MTM;
- Encontrar a dosagem correta entre teoria e prática do MTM;
- Falta ou deficiência de uma política de RH;
- Encontrar o próprio modelo de implantação;
- Comprometer a supervisão;
- Tratar o MTM como processo estratégico;
- Reconhecer o potencial e os limites do MTM;
- Lidar com pessoas que resistem à prática do MTM;
- Lidar com as pessoas que, apesar de todas as providências, continuam resistentes ao MTM;
- Conciliar o MTM com o trabalho do dia-a-dia;
- Falar sobre MTM com pessoas que têm pouca educação familiar e/ou escolar;
- Manter a motivação do gestor, componentes do comitê e auditores;
- Dificuldades oriundas de outros problemas, cuja culpa é atribuída à aplicação de MTM, tais como: (a) falta de peças ou peças defeituosas; (b) problemas com o planejamento do *mix* de produção que sobrecarrega diversos postos de montagem; e (c) sobrecarga de atividades devido à ausência de operadores.

3.6 SOFTWARES PARA APLICAÇÃO DE MTM

Para se realizar as análises MTM não são necessários softwares, pois as análises podem ser realizadas manualmente com qualidade. Pode-se facilmente montar uma tabela onde conste: (a) cabeçalho contendo informações sobre o setor, centro de custo etc., (b) descrição das atividades (início, fim, conteúdo, limitações); (c) o corpo da tabela com colunas para descrição, código MTM, frequência, quantidade e tempo.

Até este ponto, a escolha entre fazer as análises manualmente ou através de uma planilha Microsoft® Excel, por exemplo, baseia-se em critérios tais como: estética, modo de arquivamento, facilidade para cálculos etc. Pode ser conveniente fazer um esboço da análise manualmente *in-loco*, e após a verificação arquivá-lo em um arquivo Excel.

O balanceamento das atividades também pode ser realizado em Excel, que possui boas ferramentas para a geração de gráficos. Alguns recursos do software Excel podem ser utilizados para facilitar as análises. Um exemplo de como “automatizar” as análises consiste em criar uma planilha com cada código, sua descrição e seus valores de tempo como “arquivo

fonte”, e uma ou mais planilhas estruturadas como folha de análise, com fórmula de procura e inserção de valores (função “PROCV”), de modo que ao se digitar o código das atividades, suas descrições e valores de tempo sejam automaticamente preenchidos. A Figura 3.14 exemplifica a automatização das análises MTM através de planilhas Excel.

Entretanto, nos dias de hoje as empresas necessitam de uma grande agilidade, além de recursos de bancos de dados para arquivamento, e existem softwares disponíveis no mercado para facilitar as análises MTM. Sugai (2003) apresenta três destes softwares comerciais, descritos a seguir.

Tabela Fonte			Planilha de Análise																																
A	B	C	D							E																									
Manusear Caixas / Contêineres																																			
1	Código	Tempo [s]	Descrição dos Casos																																
2	CHTLU	14,3	Reposicionar caixa dentro da área de trabalho (5m)																																
3	CHTVZ	21,2	Apanhar de e levar para área de trabalho (5m)																																
4	CHTVL	32,1	Apanhar de e levar para área de trabalho (5m), com deposição da caixa vazia																																
5	CHPBR	24,2	Mover com talha manual ou esteira (10m)																																
6	NHFHV	162,8	Mover com carrinho industrial. Apanhar de e levar para área de trabalho (10m)																																
7	NHFHL	221,3	Mover com esteira																																
8	CHFFV	32,2	Mover contêiner																																
9	CHFFL	52,3	Mover contêiner																																
10	CHFVX	19,0	Ida e volta de contêiner																																
11			A	B	C	D	E	F	G	H	I																								
12	Cabeçalho		Empresa: _____																																
13			Setor: _____																																
14			Centro de Custo: _____																																
15	Descrição da Atividade		Início: _____																																
16			Conteúdo: _____																																
17			Fim: _____																																
18			Limitações: _____																																
19	Corpo da Tabela		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descrição</th> <th>Código</th> <th>Tempo</th> <th>Freq.</th> <th>Ote</th> <th>Tempo Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mover 2 caixas de parafusos a cada 100 peças</td> <td>CHTVL</td> <td>32,1</td> <td>0,01</td> <td>2</td> <td>0,6</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>									Descrição	Código	Tempo	Freq.	Ote	Tempo Total	Mover 2 caixas de parafusos a cada 100 peças	CHTVL	32,1	0,01	2	0,6												
Descrição	Código	Tempo	Freq.	Ote	Tempo Total																														
Mover 2 caixas de parafusos a cada 100 peças	CHTVL	32,1	0,01	2	0,6																														

Função “PROCV” utilizada para agilizar as análises

Figura 3.14: Exemplo de “automatização” das análises MTM utilizando planilhas Excel.

Fonte: Próprio Autor.

TiCon – Time Control

Desenvolvido e comercializado pela associação alemã desde o início dos anos 1980, o software TiCon busca, em sua essência, uma linha de produção mais eficiente (MTM 2006). Este software aplica tanto os conceitos do MTM em planejamento de tempos e métodos como também oferece planejamento de leiaute, balanceamento de linha, desenvolvimento de produtos ergonômicos, geração de programação de trabalho e produção, além de estabelecer interface com o sistema de apoio à produção MRP II. A Figura 3.15 ilustra a interface do software TiCon.

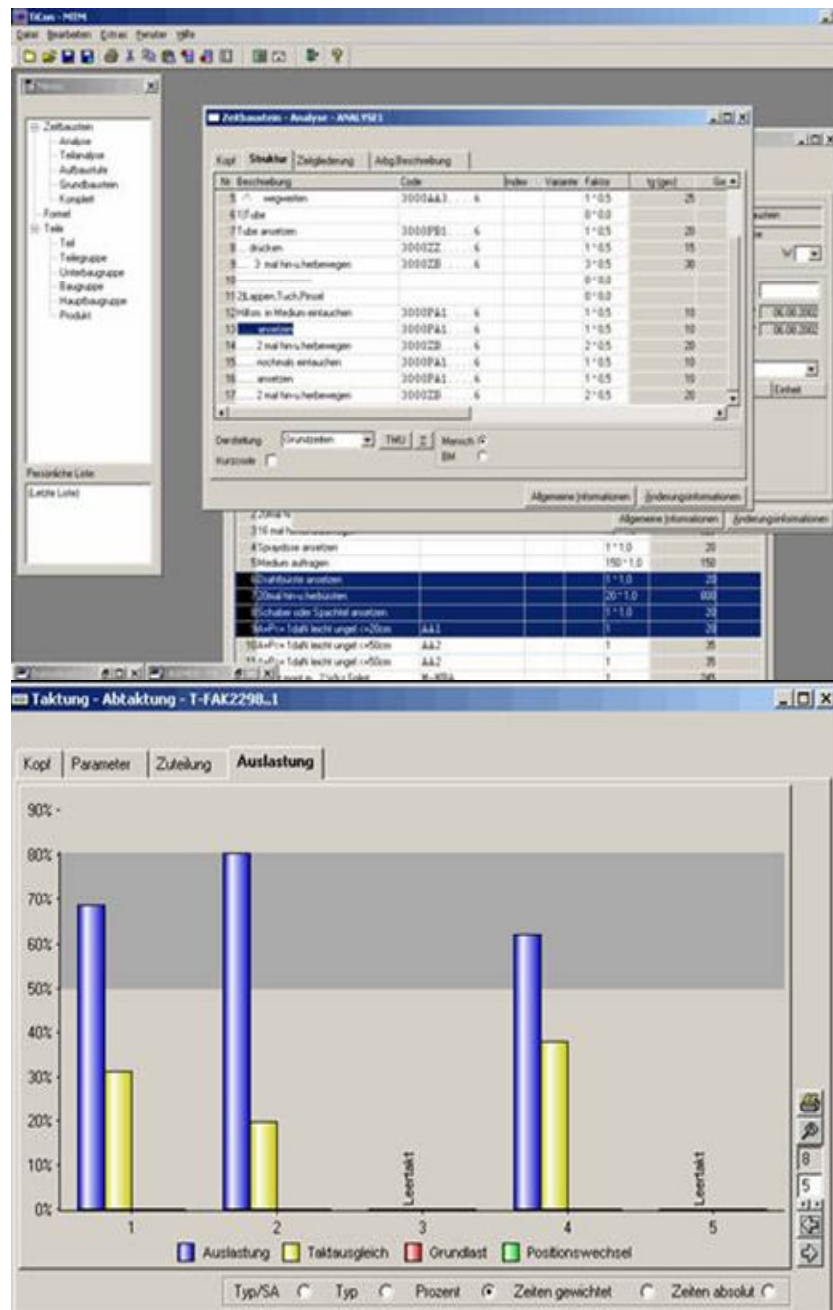


Figura 3.15: Interface do software TiCon. Fonte: MTM (2005a)

MTM-LINK

Desenvolvido pela MTM-Association (EUA) para criar e manter a base de dados padrão, este software possui as seguintes funções: desenvolvimento de tempos elementares, desenvolvimento de tempos padrões, desenvolvimento de métodos, entre outras funções (MTM ASSOCIATION, 2007). A Figura 3.16 ilustra a interface do software MTM-LINK.

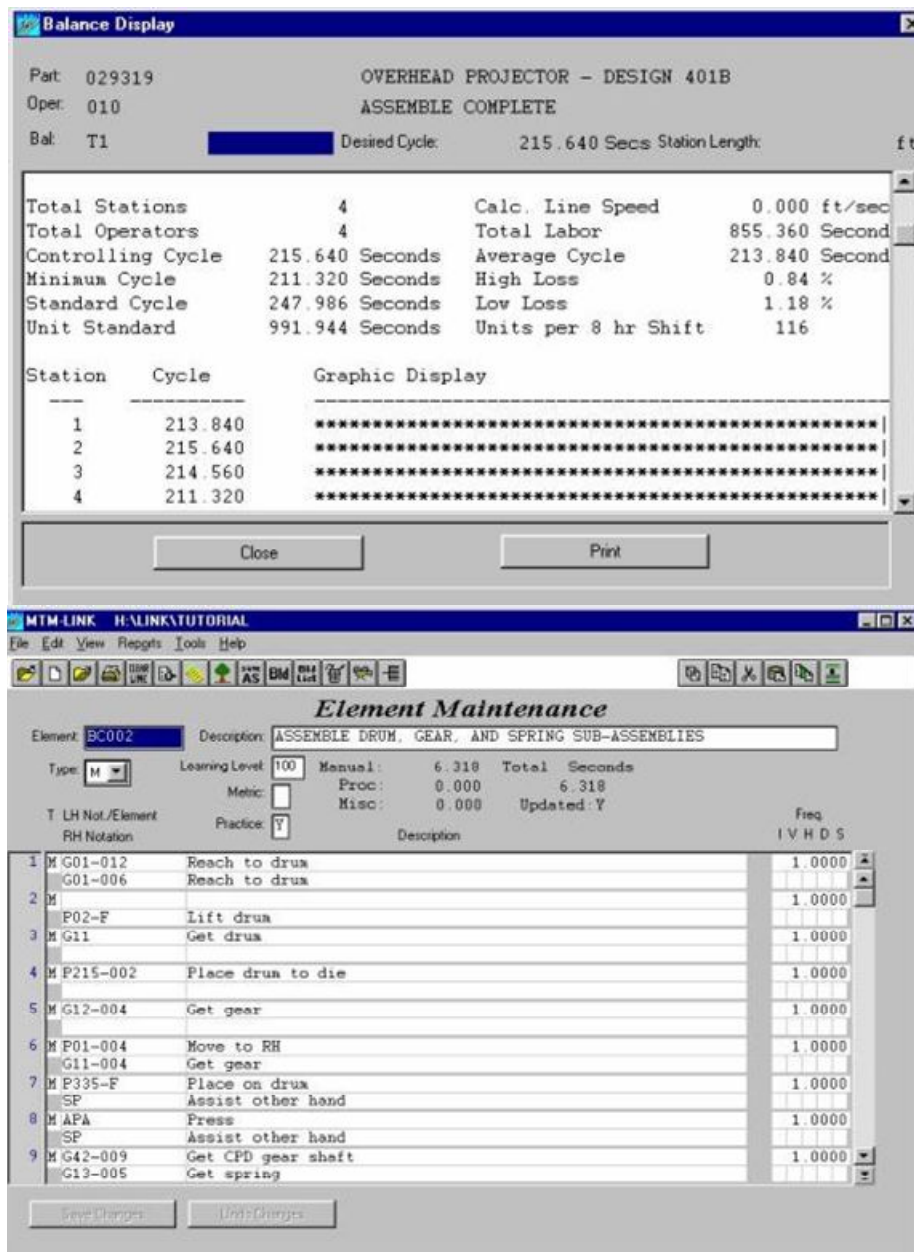


Figura 3.16: Janelas do software MTM-LINK. Fonte: MTM Association (2007).

ZEBRA (Zeitberechnungs-end Analysiersystem)

Desenvolvido pela empresa Delmia, este sistema oferece apoio ao trabalho de tempos e métodos. Este sistema contém soluções para os seguintes problemas: planejamento de processos de produção, engenharia de linhas de produção manuais ou parcialmente automatizados, balanceamento de linha, planejamento de capacidade, e avaliação de custos e tempos. A Figura 3.17 mostra janelas de softwares, desenvolvidos pela empresa Delmia.

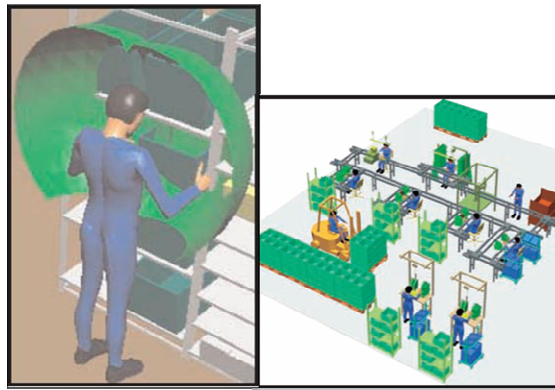


Figura 3.17: Janela de softwares desenvolvidos pela empresa Delmia. Fonte: Delmia (2007).

Com a experiência adquirida durante este trabalho, pode-se concluir que alguns dos principais requisitos que os softwares para aplicação de MTM devem possuir são:

- Permitir e facilitar as buscas de análises anteriores;
- Ter interface amigável;
- Integração do software aos demais softwares do sistema utilizados pela empresa visando uma troca mais rápida e eficiente de dados;
- Banco de dados estável e disponível para utilização em rede;
- Possuir as tabelas MTM utilizadas pela empresa integradas no sistema;
- Limitar/restringir o acesso dos usuários de acordo com as regras da empresa;
- Permitir a realização de balanceamento em diferentes modos/estruturas (por exemplo, com produto único, com *mix* de produtos, com atividades onde há interação homem-máquina, etc.).
- Permitir a classificação e avaliação de atividades que agregam valor, que não agregam valor e desperdícios;
- Permitir a utilização de diferentes esquemas de codificação;
- Permitir recursos específicos necessários a cada realidade das empresas;
- Permitir a utilização de diferentes estruturas de análises.

A estrutura hierárquica é um dos principais modelos utilizados para a organização dos dados de MTM uma vez que este tipo de estrutura apresenta a vantagem de permitir uma fácil visualização, mas existem casos onde outros tipos de estrutura se mostram mais apropriados. Um exemplo onde a estrutura hierárquica não é adequada são os casos onde há grande flexibilização das atividades, com operadores atuando em múltiplas estações de trabalho. Para estes casos pode-se utilizar o artifício de representar, por exemplo, um operador em diversas estações de trabalho. A desvantagem deste artifício é a repetição dos dados, o que pode ser indesejável de acordo com a complexidade e tamanho da estrutura. A Figura 3.18 mostra um exemplo deste artifício.

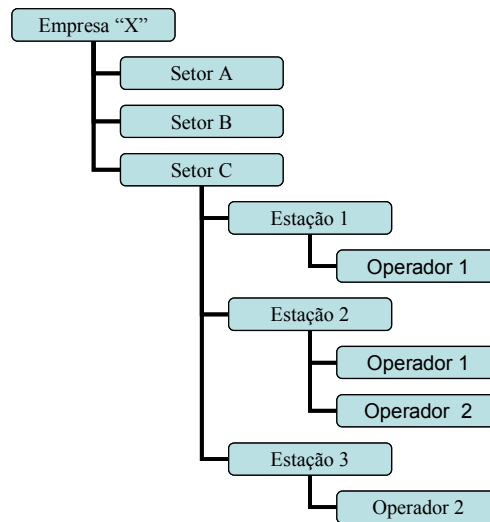


Figura 3.18: Estrutura hierárquica com operadores em diversas estações de trabalho. Fonte: Próprio Autor.

3.7 CONSIDERAÇÕES SOBRE MATERIAIS E MÉTODOS.

Neste capítulo foram apresentadas inicialmente as justificativas para os métodos utilizados neste trabalho, ressaltando os resultados obtidos com a implementação da metodologia MTM.

Na seqüência, foram detalhadas as etapas realizadas para aumentar a produtividade conforme procedimento adotado neste trabalho. Foram também descritas em detalhe diversas técnicas adotadas para verificar os melhores métodos e propor melhorias.

Descreveu-se também as etapas para implementação da metodologia MTM, bem como as principais dificuldades oriundas desta implantação.

Por fim, foram descritos alguns dos principais *softwares* utilizados para aplicação da metodologia MTM.

CAPÍTULO 4

4 ESTUDOS DE CASO

4.1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho serão apresentados três estudos de casos: um realizado em uma empresa da linha branca e dois realizados em empresas automobilísticas, sendo que um destes estudos foi realizado na Alemanha. Por uma questão de sigilo os nomes das empresas analisadas não serão aqui publicados e os dados analisados em tabelas específicas das empresas, serão aqui omitidos ou reavaliados com tabelas MTM Básico ou MTM UAS (convertidos de TMU's para segundos), de modo a garantir que nenhuma informação importante das empresas seja revelada, porém sem prejuízo para as análises desta dissertação.

A seguir é apresentado um resumo dos casos estudados neste trabalho.

4.1.1 CASO 1: LINHA BRANCA

As análises realizadas no caso de estudo 1 foram realizadas em uma empresa de fabricação de produtos de linha branca em uma unidade fabril, cujas principais áreas produtivas eram: estamparia, pintura / esmaltação e montagem final. A metodologia MTM foi aplicada a toda a empresa, e o principal objetivo desta aplicação foi o aumento da produtividade de modo a manter a competitividade desta unidade perante as demais filiais do mesmo grupo situadas em diversos países.

O principal foco das análises MTM realizadas pelo autor deste trabalho foram as atividades das linhas de montagem final dos produtos. Havia 4 linhas de montagem final onde eram produzidos produtos de diferentes marcas e modelos. A produção se caracterizava por grandes lotes, onde eram montados aproximadamente 200 a 800 produtos de uma mesma variante por vez. Poucas variantes de produtos possuíam análises de tempo, e a velocidade da linha era normalmente determinada pela experiência dos líderes de produção.

A aplicação de MTM permitiu neste caso: (a) a organização e detalhamento das atividades e tempos de cada posto de trabalho, verificando assim os excessos de tempo considerados; (b) realizar um balanceamento correto das atividades; (c) padronizar os métodos de trabalho dos operadores de diferentes turnos; (d) reestruturar as linhas de montagem com um número igual de operadores para todas elas; (e) apontar problemas de ergonomia em postos de trabalho e (f) identificar oportunidades de melhorias.

Uma das principais melhorias sugeridas foi o nivelamento da produção, produzindo uma quantidade menor de produtos por lote e reduzindo assim os tempos de *setup*. Esta melhoria não havia sido implantada durante a execução deste trabalho, entre outros motivos, pelo fato de que a logística interna da unidade ser terceirizada e uma possível adequação para permitir este nivelamento da produção estar ainda na fase de negociações.

4.1.2 CASO 2: AUTOMOBILÍSTICA NO BRASIL

O caso 2 foi realizado em uma montadora automobilística em uma filial nacional, cujos principais setores produtivos desta empresa eram a estamparia, a montagem bruta, a pintura e a montagem final. A metodologia MTM foi aplicada a toda a empresa com o objetivo principal de identificar potenciais de redução de mão-de-obra mantendo o volume de produção, uma vez que a empresa estava em processo de diminuição do quadro de funcionários.

O principal foco das análises MTM realizadas pelo autor deste trabalho foram as atividades das áreas de montagem bruta e as linhas de montagem final dos produtos. A empresa possuía um banco de dados estruturado com as informações dos tempos das atividades produtivas, porém que se encontravam desatualizados durante a execução deste trabalho.

Durante a execução deste trabalho a empresa estava aplicando Workshops de melhoria contínua onde os dados fornecidos pela metodologia MTM serviam de base para as propostas e implantação de melhorias requisitadas.

A aplicação da metodologia MTM propiciou neste caso um aumento de aproximadamente 5% na produtividade, sobretudo pela identificação de pequenos desperdícios, que não haviam sido notados por outros processos de melhoria aplicados pela empresa. Dentre as principais melhorias citam-se o reposicionamento de peças e ferramentas de maneira a facilitar os movimentos, a instalação de dispositivos de transporte (escorregadores e suportes para peças) dentro de postos de trabalho e a padronização de processos para postos de trabalho similares (exemplo posto de pré-montagem da porta direita e esquerda).

4.1.3 CASO 3: AUTOMOBILÍSTICA NA ALEMANHA

As análises realizadas para o caso de estudo 3 foram realizadas em uma outra empresa automobilística, porém desta vez as atividades foram realizadas numa filial alemã da empresa. Esta filial analisada possuía uma grande estrutura de analistas especializados em MTM e os

principais objetivos das análises realizadas pelo autor deste trabalho foram: solucionar os impasses de análises anteriores quando os operadores das áreas produtivas não aceitavam as análises propostas, e analisar postos de trabalho cujo tempo ainda não havia sido determinado. As análises realizadas pelo autor deste trabalho foram ligadas às áreas produtivas de montagem final dos produtos.

Uma vez que análises anteriores com MTM já haviam sido efetuadas, o trabalho consistiu em verificar os erros e problemas das análises e as principais falhas identificadas foram a não consideração de todas as variantes montadas nos postos de trabalho e não observação de alterações recentes das atividades realizadas. Em virtude destas características, não houve aumento significativo de produtividade, sendo que em muitos casos, a aplicação da metodologia MTM indicou a necessidade de aumento dos tempos de algumas atividades.

Visto que a maior parte das análises realizadas repetiu-se em dois ou três casos, os dados aqui apresentados não serão agrupados por caso de estudo, mas sim de acordo com a natureza da situação, permitindo estender e generalizar as observações a serem realizadas. A Tabela 4.1 resume as situações encontradas durante a realização deste trabalho e em quais das empresas ele foi aplicado.

Tabela 4.1: Resumo das análises verificadas nos casos estudados.

Situação	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Observações
Comparação entre MTM e tempos cronometrados.	X	X	X	Esta comparação foi realizada em todos os estudos de caso.
Atividades simples / repetitivas	X	X	X	No caso 1 foram analisados postos de trabalho em prensas enquanto que nos casos 2 e 3 foram analisados postos de trabalho com solda ponto.
Aumento de produção e atividades em célula e em linha		X	X	Análises apresentadas foram realizadas nos casos 2 e 3.
Atividades de acabamento		X		Análises foram realizadas no caso 2, porém postos de trabalho equivalentes foram verificados no caso 3.
Atividades de controle de qualidade	X			Análises apresentadas foram realizadas no caso 1.
Atividades com múltiplas combinações de variantes		X	X	Análises realizadas nos casos 2 e 3.
Atividades de logística			X	Verificados nos três casos, porém análises correspondem ao caso 3.

Legenda:	
X	Situação analisada e as análises descritas correspondem ao caso.
	Situação verificada, porém sem a realização de análises MTM.
	Situação não analisada na empresa.

Fonte: Próprio Autor

Nos próximos itens são descritas as situações encontradas nos casos estudados. Além das situações encontradas nos três casos estudados é descrito também um resumo de atividades de produção individual e pequenos lotes verificadas em uma empresa de Ferramentaria.

4.2 COMPARAÇÃO ENTRE MTM E TEMPOS CRONOMETRADOS

A situação de confronto entre os tempos avaliados pelo método MTM e os tempos cronometrados repetiu-se diversas vezes durante as aplicações de MTM consideradas no estudo deste trabalho.

O exemplo a seguir, que se baseou em casos ocorridos durante o estudo deste trabalho, retrata o resultado de uma comparação entre uma análise MTM e o resultado de uma medição com cronômetro, realizada apenas uma vez, após a análise MTM para comparar os resultados.

Um operador polivalente atua em três postos de trabalho “A”, “B” e “C”, cada um deles com tempos de ciclo de 90 segundos, calculado em função da demanda de produção. O orientador responsável pelo setor, não satisfeito com os resultados das análises MTM, decide cronometrar o seu operador para verificar os tempos. Realizando apenas uma tomada de tempos e não uma cronoanálise completa, o orientador declara que os tempos MTM não estavam de acordo com a situação real, e critica principalmente o posto C onde o tempo de análise MTM foi quase 10 segundos inferior ao cronometrado. A Tabela 4.2 mostra os resultados descritos acima.

Tabela 4.2: Resultados das análises MTM x medições com cronômetro.

Posto de trabalho	Análise MTM	Resultado da Medição com Cronômetro
A	95,3 s	90,5 s
B	89,4 s	91,0 s
C	71,8 s	81,5 s
Tempo Total	256,5	263

Fonte: Próprio Autor

Ao analisar os dados, o orientador questionou ainda o fato de o tempo MTM para o posto A ser superior ao posto B, enquanto a cronometragem apontou resultado inverso.

O analista MTM questiona então o orientador a respeito da sua opinião sobre o ritmo de trabalho do operador nos postos de trabalho. O orientador então responde:

- “No posto C, o operador trabalhou tranquilo, no posto B, num ritmo bom, porém ele estava acelerado no posto A”. O analista então sugeriu a análise dos dados através dos gráficos de balanceamento dos postos de trabalho.

Observando-se a Figura 4.1, pode-se perceber que nas medições cronometradas os tempos tendem à linha de 90 segundos que se refere ao tempo de ciclo. A razão deste fenômeno está relacionada ao tempo disponível ao operador para realizar a tarefa. O operador tem 90 segundos em média para realizar as atividades em cada posto, ou seja, ele irá ter que se esforçar mais e acelerar o ritmo para conseguir satisfazer a produção no posto A, porém ele diminui o ritmo e trabalha de maneira mais tranquila, para aproveitar melhor o tempo no posto de trabalho C. No posto B as medições com cronômetro e as análises MTM chegaram a valores próximos e o principal motivo é o fato do tempo de ciclo ser aproximadamente igual ao tempo das atividades, ou seja, uma análise MTM correta resultará em valores muito próximos de 90 segundos e o operador terá que manter um bom ritmo para satisfazer as necessidades deste posto de trabalho. Pode-se concluir então que as análises MTM enfatizam as diferentes cargas de trabalho no posto, uma vez que não sofrem influência, por exemplo, da pressão do operador em realizar sua tarefa no tempo correto.

Deve-se ressaltar aqui que, caso a cronoanálise fosse realizada de maneira adequada, repetindo-se as medições na quantidade apropriada e aplicando a avaliação de ritmo, os tempos se aproximariam dos tempos verificados pelo método MTM, constatação que pode ser feita em casos onde a cronoanálise foi aplicada corretamente.

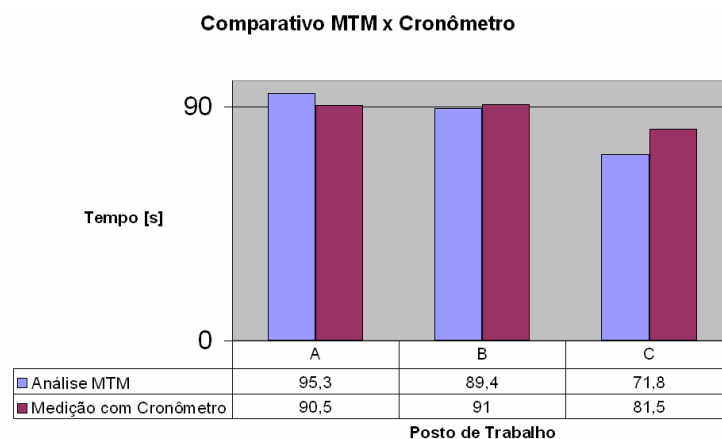


Figura 4.1: Gráfico do tempo das atividades, verificado pelo método MTM e com cronômetro.

Fonte: Próprio Autor.

4.3 ATIVIDADES SIMPLES / REPETITIVAS

A importância deste tópico baseia-se na necessidade de se realizar análises corretas no menor tempo possível. Britzke *et al.* (1989) efetua uma comparação entre análises realizadas com as metodologias GMA, GMA 2 e GMA 3, que são módulos apropriados para produção massificada, em série e em pequenas séries respectivamente. Esta comparação pode ser extrapolada como referência para os módulos MTM-1, SD, UAS e MEK considerando as seguintes equivalências: (a) GMA e MTM-1 para produção massificada (atividades com alta repetitividade); (b) GMA 2 e SD/UAS para produção em série; (c) GMA 3 e UAS/MEK para produções em pequenas séries (atividades com baixa repetitividade). As tabelas dos anexos D, E e F detalham estas classificações.

Britzke *et al.* (1989) comentam que, para os módulos GMA, GMA 2 e GMA 3, demora-se de 200 a 300 minutos para analisar 1 minuto no caso de produção massificada, de 100 a 150 minutos para produção em série, e de 20 a 30 minutos para a produção em pequenas séries. Em outras palavras, o tempo necessário para realizar uma análise para uma produção em série deve ser aproximadamente 50% e o de pequenas séries 10% do tempo requerido para análises da produção em massa.

Esses valores devem servir apenas como referência, pois pode-se constatar ao realizar as análises que existem diversos fatores que contribuem para reduzir (ou prolongar) o tempo das análises, dentre os quais cita-se: (a) experiência do analista com a metodologia; (b) conhecimento do analista das tabelas de tempo a serem utilizadas, bem como das tabelas de tempo que serviram de base; (c) conhecimento do analista dos postos a serem analisados; (d) conhecimento/experiência do analista com postos de trabalho semelhantes; (e) acesso a informações (p.ex., filme, observação direta, acesso aos operadores, dados históricos, documentação, procedimentos com descrições das atividades do posto); (f) nível de método utilizado; (g) colaboração das pessoas envolvidas e (h) fatores pessoais do analista (motivação, empenho etc.).

Além destes fatores, um fator de grande influência na velocidade das análises é o grau de complexidade do posto de trabalho. Um analista inexperiente, por exemplo, provavelmente teria grande dificuldade em analisar atividades de acabamento ou com múltiplas variantes conforme descritos nos itens a seguir.

Por outro lado existem análises que se tornam simples devido à repetição de movimentos, e com isso se ganha velocidade na execução da análise.

Dois exemplos característicos para este tipo de análise são as análises de solda ponto e as análises de trabalho em prensas. Apesar destes exemplos apresentarem diversas

aplicações diferentes, pode-se afirmar que em muitas indústrias os movimentos descritos abaixo podem representar até 80% dos movimentos de produção (desconsiderando as atividades de manutenção, *setup* etc.) quando se trata de setores/equipes de produção dedicados a estas atividades.

4.3.1 EXEMPLO: PRENSAS

Os movimentos típicos neste processo são: (a) apanhar peças; (b) movimentação de ida e volta para apanhar peças; (c) posicionar as peças na prensa; (d) acionar comando bi-manual (devido aos riscos existentes e exigências das normas, o comando bi-manual acaba sendo um dos casos mais comuns de acionamento); (e) execução do processo; (f) apanhar peças; (g) depositar peças e (h) movimentação de ida e volta para depositar peças.

A Tabela 4.3 exemplifica uma análise de atividades do trabalho em prensas, baseado nos casos verificados na prática.

Tabela 4.3: Exemplo de análise de atividade em Prensa, analisados com MTM UAS.

Descrição da Atividade	Código	Tempo Unit. [s]	Descrição do Código	Quant.	Freq.	Tempo Total [s]
Apanhar chapa de 400x400mm de bancada ao lado e posicionar na prensa	AJ3	2,7	Apanhar peça volumosa posicioná-la sem precisão	1	1	2,7
Movimentação de ida e volta para apanhar peças numa área de 2m	KA	0,9	Caminhar / metro	2	2	3,6
Acionar comando bi-manual	BA2	0,9	Acionamento Simples, distância entre 20 e 50 cm	1	1	0,9
Execução do processo – Prensa operando	PT	1,0	Tempo de processo em segundos	1	2	2,0
Apanhar chapa prensada e coloca-la no palete no chão	AJ3	2,7	Apanhar peça volumosa posicioná-la sem precisão	1	1	2,7
Curvar-se e retornar a posição ereta para colocar chapa prensada no palete	KB	2,2	Curvar-se e retornar a posição ereta	1	1	2,2
					Total	14,1

Fonte: Próprio Autor

4.3.2 EXEMPLO: SOLDA PONTO

Neste caso, os movimentos típicos são os seguintes: (a) apanhar peças; (b) movimentação de ida e volta para apanhar peças; (c) posicionar peças no dispositivo; (d) fechar travas; (e) apanhar equipamento de solda; (f) soldar os pontos; (g) colocar o

equipamento de solda na posição de repouso; (h) soltar travas; (i) apanhar peça trabalhada e depositá-la; (j) movimentação de ida e volta para depositar peças.

A Tabela 4.4 exemplifica uma análise de atividades do trabalho com solda ponto, baseado nos casos verificados na prática.

Tabela 4.4: Exemplo de análise de atividade com Solda Ponto, analisados com MTM UAS.

Descrição da Atividade	Código	Tempo Unit. [s]	Descrição do Código	Quant.	Freq.	Tempo Total [s]
Apanhar peça inferior (400x400mm) e posicioná-la no dispositivo	AJ3	2,7	Apanhar peça volumosa posicioná-la sem precisão	1	1	2,7
Apanhar peça superior (150x150mm) e posicioná-la no dispositivo	AB3	2,2	Apanhar peça pequena, fácil, com posicionar aproximado, distância entre 50 e 80 cm.	1	1	2,2
Movimentação para apanhar peças: 2 m até 1ª peça, 1 m até 2ª peça e 3 m retorno.	KA	0,9	Caminhar / metro	2+1+3	1	5,4
Fechar duas travas	BA2	0,9	Acionamento Simples, distância entre 20 e 50 cm	2	1	1,8
1o ponto de solda	HB3	2,7	Apanhar equipamento de solda, posicionar no 1º ponto e após operação, depor equipamento.	1	1	2,7
2o ao 10o ponto de solda	PB1	0,7	Colocar no lugar, solto.	9	1	6,3
Tempo de processo dos pontos de solda	PT	1,0	Tempo de processo em segundos	1,5	10	15
Abrir duas travas	BA2	0,9	Acionamento Simples, distância entre 20 e 50 cm	2	1	1,8
Apanhar conjunto e colocá-lo na bancada	AJ3	2,7	Apanhar peça volumosa posicioná-la sem precisão	1	1	2,7
Movimentação para posicionar conjunto na bancada. Ida e volta 1m	KA	0,9	Caminhar / metro	2	1	1,8
					Total	42,4

Fonte: Próprio Autor

4.3.3 CONCLUSÕES SOBRE ATIVIDADES SIMPLES / REPETITIVAS

Como se pode perceber, para realizar análises como estas, o analista necessitaria efetuar a análise apenas uma vez e verificar os diferentes parâmetros para os demais postos, aumentando a velocidade da análise. Em geral, os parâmetros a serem verificados são: (a) características das peças (peso, tamanho, quantidade de peças etc.); (b) distâncias (até as peças a serem trabalhadas, até o local de deposição, até o comando bi-manual, entre os pontos de solda etc.); (c) tempos de processo; (d) número de pontos de solda e precisão de posicionamento; e (e) movimentações adicionais para realização de outras atividades realizadas no posto.

Para este tipo de análise, algumas das melhorias que puderam ser verificadas e implementadas, gerando bons resultados na prática foram: (a) aproximação das peças e redução os movimentos de corpo; (b) utilização de esteiras e/ou escorregadores para transportar as peças para o próximo posto evitando a necessidade de movimentação do operador; (c) nos casos onde existia mais de uma trava, utilização de mecanismos que permitiam o fechamento / abertura de todas as travas com um único comando; (d) nos casos de pontos de solda com precisão, utilização de gabaritos guia para as ponteiras; (e) remoção de obstáculos para o posicionamento e remoção da peça, acionamento das travas e do dispositivo; (f) redução do tempo de máquina quando o custo / benefício destas modificações se mostrou atrativo; e (g) manutenção adequada de forma a garantir o bom funcionamento de todos os equipamentos;

Os ganhos de tempo devido à implementação das melhorias citadas acima dependem das características dos postos de trabalho analisados. Por exemplo: a aproximação de uma peça pequena pode gerar uma economia de menos de 1 segundo por ciclo, enquanto que a aproximação de uma peça grande pode gerar uma economia superior a 5 segundos. Porém de acordo com os tempos de ciclo das atividades, o “segundo” economizado por uma peça pequena pode ser mais representativo do que os 5 segundos economizados por uma peça grande (como ilustração, 1 segundo de economia num tempo de ciclo de 45 segundos *versus* 5 segundos de economia num tempo de ciclo de 10 minutos).

Ressalta-se aqui, a importância de se priorizar a segurança. Por exemplo, muitas vezes o acionamento do comando bi-manual pode demandar mais tempo, porém recomenda-se fortemente a sua utilização, pois tal acionamento reduz significativamente o risco da ocorrência de acidentes.

4.4 AUMENTO DE PRODUÇÃO E ATIVIDADES EM CÉLULA E EM LINHA

Uma situação que foi vivenciada durante a elaboração deste trabalho e comum nas indústrias é a verificação do número de funcionários necessário para suprir um aumento de produção.

A produção estava operando próximo ao limite da capacidade e os principais gargalos eram as máquinas/equipamentos. Para aumentar a produção seria necessário investir, comprando máquinas e/ou adaptando o maquinário existente para se elevar a capacidade de produção.

Nos casos em que o aumento de produção é previsto para longo prazo, o investimento em maquinário é normalmente a solução aconselhável. Já nos casos em que o aumento da produção ocorre apenas para atender a uma demanda de pico ou recuperação de atrasos, normalmente utiliza-se horas extras e/ou contrata-se funcionários temporários para trabalhar em turnos adicionais.

Para as empresas que trabalham em um ou dois turnos, pode-se aplicar um turno adicional, porém as empresas cuja operação normal ocorre em três turnos têm como alternativa a utilização dos finais de semana e continuação do trabalho nas pausas de refeições, descanso, banheiro etc. com mão de obra adicional. Outra possibilidade seria a terceirização de processos cuja capacidade esteja no limite.

Para o caso de utilização de turnos e/ou dias extras, uma possibilidade simples de cálculo teórico de mão-de-obra adicional consiste na aplicação da regra de três, verificando-se os balanceamentos atuais da empresa. Por exemplo, se uma empresa utiliza 100 funcionários diretos em um turno normal de produção para produzir 500 produtos, o mesmo número (100) de funcionários seria necessário para produzir a mesma quantidade (500) em um turno adicional. Na prática as empresas preferem produzir uma quantidade maior nos postos que não são gargalos nos turnos normais, preparando assim um estoque para que nos turnos adicionais apenas os postos gargalos precisem atuar de modo a reduzir os custos extras (adicional noturno, hora extra etc.) de mão-de-obra. O caso a seguir mostra alguns dos problemas encontrados durante as pesquisas deste trabalho.

4.4.1 EXEMPLO: BALANCEAMENTO DE MONTAGEM DE PORTAS EM CARROS DE DUAS E QUATRO PORTAS

As indústrias automobilísticas (montadoras) normalmente organizam a sua produção principal em linhas de montagem, porém com células paralelas para realizar, por exemplo, pré-montagens de conjuntos. A Figura 4.2 mostra um leiaute baseado nos casos encontrados nas empresas pesquisadas do ramo automobilístico.

Neste exemplo, o setor considerado é o de montagem de portas nos automóveis na área de montagem bruta, considerando a produção de carros com duas e quatro portas. O setor é composto por quatro células, cada uma com quatro estações de trabalho e três trabalhadores, conforme pode ser verificado na Figura 4.2. Cada célula corresponde às estações de trabalho de preparação e pré-montagem de cada porta (dianteira esquerda, dianteira direita, traseira esquerda e traseira direita). Na linha de montagem, são necessários dois operadores para a montagem de cada porta considerando a demanda atual, num tempo de ciclo de um produto por minuto.

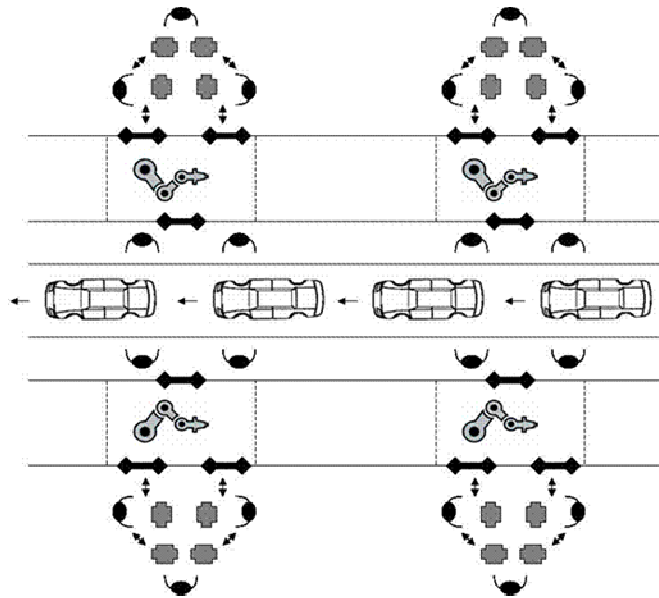


Figura 4.2: Leiaute esquemático de montagem de portas em automóveis.

Fonte: Próprio Autor

As atividades diretas (excluindo manutenção, *setup* e logística e que são realizadas por operadores indiretos), realizadas para cada porta são descritas na Tabela 4.5.

Tabela 4.5: Atividades necessárias para montar cada porta.

Operador	Posto de Trabalho	Resumo das atividades	Tempo [s]
1	Célula - Estação 1 e 2	<ul style="list-style-type: none"> - Apanhar parte externa da porta de palete e posicionar na Estação 1. - Apanhar reforços da parte externa da porta e posicionar na Estação 1. - Aplicar primeiros pontos de solda para unir parte externa e reforços. - Apanhar parte interna da porta e posicionar na estação 2. - Apanhar reforço da parte interna da porta e posicionar na Estação 2. - Aplicar primeiros pontos de solda para unir parte interna e reforços. 	59
2	Célula - Estação 3	<ul style="list-style-type: none"> - Apanhar parte externa + reforços da Estação 1 e posicionar na Estação 3, com o lado invertido. - Aplicar demais pontos de solda. - Apanhar parte externa pré-montada, posicionar no robô e liberar atividades do robô. 	57
3	Célula - Estação 4	<ul style="list-style-type: none"> - Apanhar parte externa + reforços da Estação 2 e posicionar na Estação 4, com o lado invertido. - Aplicar demais pontos de solda. - Apanhar parte interna pré-montada, posicionar no robô e liberar atividades do robô. 	54
Robô	Robô	<ul style="list-style-type: none"> - Unir parte interna com parte externa da porta e posicionar no abastecedor da linha de montagem. 	60
4	Linha de montagem	<ul style="list-style-type: none"> - Apanhar porta pré-montada pelo robô - Montar no carro 	58
5	Linha de montagem	<ul style="list-style-type: none"> - Ajustar e testar a porta. 	55

Fonte: Próprio Autor

Considerando o tempo de ciclo de 60 segundos, este setor apresenta um balanceamento adequado das atividades, uma vez que as cargas de trabalho variam entre 90% (54s) e 100% (60s). Para produzir 100% dos automóveis com quatro portas necessita-se de 20 operadores enquanto que para produzir 100% automóveis duas portas, necessita-se de 10 operadores. Porém para produzir 50% duas portas e 50% quatro portas, o número de operadores necessários não é obrigatoriamente 15, pois nestes casos, necessita-se verificar: (a) possibilidade dos operadores se locomoverem entre as células e o tempo necessário para esta movimentação; (b) interferências / diferenças do trabalho nos casos de produção de veículos com duas ou quatro portas; (c) capacidade / estrutura para permitir que os operadores trabalhem com carga de trabalho oscilante e (d) seqüenciamento dos carros a serem produzidos.

Caso trabalhe-se com proporção maior do que 4:4 pode-se considerar que: (a) nos momentos que são produzidos apenas veículos de quatro portas necessita-se de vinte operadores; e (b) nos momentos que são produzidos apenas veículos de duas portas necessita-se de dez operadores, sendo que os dez operadores restantes podem executar outras tarefas ou provavelmente ficarão ociosos.

Para os casos em que a proporção de produção é pequena (se produz, por exemplo, apenas um carro quatro portas na seqüência de um carro duas portas) um re-balanceamento poderia ser aplicado. Para o caso de 50% dos carros com duas portas e 50% dos carros com quatro portas, pode-se considerar que seriam necessários: (a) os dez operadores necessários para as atividades das portas dianteiras; (b) um operador de cada lado na linha de montagem para cada porta traseira e (c) de três a quatro operadores para atuar nas duas células de pré-montagem das portas traseiras, sendo: um operador em cada célula seria necessário durante todo o tempo para garantir o abastecimento do robô e um terceiro operador para atuar nas estações 1 e 2 das duas células. Caso as condições do setor não permitam o adiantamento das atividades e um rápido deslocamento entre as células um quarto operador seria necessário.

Os operadores diretos da linha de produção e os abastecedores do robô são necessários, pois ao contrário das células de trabalho, as linhas de produção não permitem o adiantamento / produção de estoque das atividades (o abastecimento do robô poderia permitir estoques desde que um sistema de alimentação automático seja implantado).

Caso fosse possível a antecipação e o deslocamento rápido entre as células, seriam necessários quinze operadores no total, sendo dez para montar as portas dianteiras e cinco para montar as portas traseiras. Porém, no caso verificado, a antecipação das atividades não era possível nas condições encontradas e o deslocamento entre as células acarretaria em um

tempo superior a 20 segundos (devido aos obstáculos da linha), logo, na situação proposta eram necessários 16 operadores.

Para aprofundar esta análise, considera-se que esta empresa trabalhe nas seguintes condições:

- Produção diária de 1000 produtos em três turnos;
- Os turnos são de 8 horas cada, com 1 hora para almoço (7 horas produtivas);
- Tempo de ciclo: 1 produto por minuto;
- 260 minutos/dia são utilizados para manutenção, período no qual a linha deve permanecer parada.
- 20 dias úteis no mês;
- Necessidade de aumento da produção de 20.000 para 26.500 produtos mês;
- Capacidade atual de produção mensal 20.000 produtos;
- Dias extras necessários: 6,5 (nos três turnos) para produzir os 6.500 produtos adicionais.

A empresa decide utilizar três finais de semana (sábado e domingo) para aumentar a produção em 6 mil unidades. A quantidade de mão-de-obra necessária para a produção nos finais de semana é a mesma necessária para um dia comum.

Para os 500 produtos restantes, a empresa decide utilizar as pausas para as refeições do turno diurno durante cinco dias, utilizando um adicional de mão-de-obra emprestado de outros setores.

Para as células de produção, seria necessário um operador para cada célula para permitir o constante abastecimento do robô, além de operadores adicionais, que poderiam ser utilizados conforme as regras mencionadas. Estes operadores adicionais não necessitam ser utilizados apenas durante as pausas das refeições; eles poderiam, por exemplo, ser utilizados durante os horários produtivos, auxiliando os demais colaboradores a preparar um estoque que permita que apenas os abastecedores dos robôs sejam necessários durante o período de almoço.

Para as linhas de produção; o raciocínio de adiantar o trabalho não é apropriado. Da mesma forma que os abastecedores de robô, o número de funcionários necessários para os períodos das refeições seria o mesmo dos períodos produtivos. Teoricamente as refeições poderiam ser distribuídas pelo período do dia, porém isto acarretaria no fato que alguns funcionários terão que trabalhar 7 horas (ou mais) sem pausa para a refeição, o que não é permitido.

Um fato a ser ressaltado é que para uma linha de produção balanceada, aumentar um funcionário implica apenas em reduzir a carga dos demais, não refletindo em aumento de

produção, acarretando a diminuição da produtividade. O que de fato aumenta a produção é o aumento da velocidade da linha, que depende de um re-balanceamento, bem como o aumento de capacidade para todos os postos de trabalho envolvidos, para então se verificar o número de funcionários adicionais necessários.

O que pode ser verificado nas empresas pesquisadas é que na prática ocorre um rodízio dos funcionários diretos e a alocação temporária de colaboradores que realizam atividades indiretas (tais como funcionários de apoio, manutenção ou logística) para as linhas de produção durante os períodos de refeição e descanso, além do adiantamento das atividades em todos os postos que não são gargalos.

Como cada setor apresenta condições diferentes, o aumento de capacidade / produção requer análises detalhadas combinadas com um planejamento adequado para que as melhores alternativas sejam aplicadas.

Ressalta-se aqui que as medidas apresentadas neste subitem têm como objetivo a solução de um problema temporário, porém caso o aumento de produção seja necessário a médio / longo prazo o recomendado é que: (a) sejam estudadas propostas de melhoria que permitam um trabalho mais produtivo e eficiente e (b) sejam realizados investimentos e contratações para aumentar a capacidade produtiva.

4.5 ATIVIDADES DE ACABAMENTO

As atividades de retrabalho, correção de erros e acabamento são utilizadas na grande maioria das indústrias e em muitos casos setores inteiros são designados exclusivamente para elas. Algumas das principais atividades realizadas nas operações de acabamento que foram verificadas na execução deste trabalho são: (a) examinar visualmente; (b) examinar com as mãos; (c) medir; (d) lixar / polir / limar; (e) ajustar / reposicionar; (f) soldar; (g) martelar; (h) dar torque / apertar; (i) limpar e (j) documentar.

Verificou-se que as indústrias têm muita dificuldade em definir o número ideal de funcionários necessários para as atividades de acabamento. Alguns dos comentários recebidos pelos operadores que atuavam nas áreas de acabamento foram: “cada produto a ser trabalhado é um caso diferente”, “tem dia que a gente dá conta, tem dia que não”, “não dá para saber ao certo o tempo desta atividade”, “sabemos que temos excesso de pessoal, mas não sabemos avaliar o número ideal”, “não temos pessoal suficiente”, “é uma questão de qualidade, não podemos mexer aqui”.

Em alguns casos, foi possível até perceber uma movimentação política e corporativa por parte de alguns funcionários, que chegavam a “criar ou simular” problemas a fim de valorizar o trabalho. Com isso, faz-se necessária a utilização de algum método para avaliar de forma correta estas atividades. O procedimento e o exemplo ilustrativo a seguir mostram como a ferramenta MTM foi utilizada para analisar estes casos.

1. Verificar todas as atividades possíveis para a realização do acabamento;
2. Verificar a frequência (e a quantidade) com que estas atividades são realizadas;
3. Analisar as atividades e multiplicar os tempos verificados pelas respectivas frequências. Com o tempo das atividades tem-se o tempo do caso onde todas as atividades possíveis ocorrem uma vez. Com a aplicação das frequências tem-se o tempo médio estimado para a realização das atividades, e com isso pode-se calcular o número teórico de referência de operadores necessários;
4. Balancear as atividades, tomando-se o cuidado de acrescentar as distâncias e movimentações apropriadas a cada posto, e com isso calcular o número de trabalhadores necessários.

É importante ressaltar que estes tempos correspondem aos tempos médios estimados para as atividades, o que equivale a dizer que haverá casos em que a demanda será maior e outros em que a demanda será menor. Este problema de variação de carga de trabalho será tão menor quanto menor for a variação dos processos anteriores, e, portanto a empresa deve se preparar para deslocar colaboradores para o setor de acabamento caso haja alta variabilidade dos processos anteriores. Por outro lado, é importante lembrar que as atividades de acabamento são efetuadas para corrigirem falhas, e deve-se sempre envidar esforços na correção da fonte das falhas, pois caso elas não ocorram não haverá a necessidade de realizar as atividades de acabamento.

Quanto à questão das frequências, recomenda-se utilizar sempre que possível os dados históricos registrados pela empresa, porém quase sempre haverá atividades e/ou itens que não possuirão registro ou mesmo controle adequado. Para estes casos uma boa verificação *in loco*, auxiliada pela experiência do pessoal da área, poderá indicar a frequência adequada para estas atividades.

4.5.1 EXEMPLO: ACABAMENTO

Neste subitem descreve-se o setor de acabamento das carrocerias de automóveis, também conhecido como Armação, montagem bruta, *Finish* ou em alemão *Rohbau*.

1. Atividades realizadas neste setor: (a) examinar toda a superfície externa do automóvel; (b) examinar com as mãos possíveis falhas; (c) lixar respingos de solda na superfície; (d) reajustar posicionamento das portas; (e) limar rebarbas das junções especificadas; (f) refazer ponto de solda e (g) documentar.
2. Verificar frequências e quantidades:
 - Exame visual: área a ser inspecionada é de 5m^2 , porém sabe-se de antemão que os operadores treinados observam com detalhes apenas os pontos suscetíveis a erros, que correspondem a 5% da área;
 - Examinar com as mãos: Examinam-se apenas áreas onde visualmente foi detectada alguma variação. Não há registros específicos, porém sabe-se que em geral tem-se 15 defeitos pequenos por carro, e para cada defeito encontrado examinam-se em média duas vezes.
 - Lixar respingos de solda: a área média a ser lixada por respingo é igual a 10 cm^2 , e a média de respingos por carro é igual a 10.
 - Limar rebarba: o comprimento médio a ser limado é de 75 mm, e o número médio de rebarbações por carro é igual a 5.
 - Refazer ponto de solda: Não há controle para este item, e sabe-se que é uma atividade pouco realizada. Após discussões entre os responsáveis da engenharia e os funcionários responsáveis pelo trabalho de acabamento verificou-se que em média seria considerado o tempo para a execução de um cordão de solda de 30 mm por carro.
 - Documentar: Carimbar o número do funcionário responsável.
3. Analisar as atividades. A Tabela 4.6 mostra o resumo da análise do exemplo.
4. Balancear as atividades.

Considerando uma produção de 240 carros por 8 horas trabalhadas tem-se um tempo de ciclo de 120 segundos, que corresponde a uma necessidade teórica de 2,23 operadores (tempo total das atividades de acabamento dividido pelo tempo de ciclo = $267,18/120 = 2,23$ operadores).

Neste exemplo, as atividades podem ser divididas sem grandes problemas para três operadores, fornecendo-se equipamentos e ferramentas para ambos trabalharem ao mesmo tempo. Em uma possível divisão, um operador poderia examinar e corrigir os erros do lado esquerdo do carro, enquanto um segundo operador poderia realizar estas atividades no lado direito do carro e um terceiro operador poderia realizar estas atividades na parte traseira do carro.

Tabela 4.6: Exemplo de análise da atividade de acabamento.

Atividade	Tempo [seg] por unidade	Quantidade	Tempo [seg]	Frequência	Tempo X Frequência
Exame visual	0,54 / 10 cm ²	5 m ²	2700	5%	135
Examinar com as mãos	1,8 / 10 cm ²	2x a cada defeito	3,6	15	54
Lixar respingos de solda	4,68 / 10 cm ²	10 cm ²	4,68	10	46,8
Limar rebarba	3,6 / 10 cm	75 mm	2,7	5	13,5
Refazer ponto de solda	5 / 10 mm	30 mm	15	1	15
Documentar	2,88	1	2,88	1	2,88
Total					267,18

Fonte: Próprio Autor

A única atividade que não pode ser dividida entre os operadores (documentar) representa um tempo muito pequeno da atividade, e poderia ser dividida da seguinte maneira: (a) cada operador documenta um carro a cada três carros trabalhados ou (b) o operador que estiver com menos carga de trabalho no veículo trabalhado (por exemplo, havendo menos falhas a serem corrigidas no lado de sua responsabilidade), documenta o processo.

Em ambos os casos, para efeito de cálculo, a melhor alternativa seria ratear o tempo da atividade de documentação para os três operadores.

Para que o balanceamento seja efetuado de forma adequada, necessita-se acrescentar os tempos de movimentação dos operadores, as quais são mostradas na Tabela 4.7 para o exemplo em questão.

Tabela 4.7: Movimentação dos operadores para a análise da atividade de acabamento.

Atividade	Observação	Seg / metros	Quant. [m]	Freq.	Tempo [seg]
Movimentação para lixa	Ida e volta duas vezes (para apanhar e para depor lixa)	0,9	1	4	3,6
Movimentação para lima	Ida e volta duas vezes	0,9	1	4	3,6
Movimentação para apanhar solda	Ida e volta duas vezes	0,9	2	4	7,2
Movimentação para o próximo veículo	Voltar para o início da região demarcada de trabalho	0,9	6	1	5,4
Total					19,8

Fonte: Próprio Autor

Na Tabela 4.7 os movimentos para realizar os exames visuais e manuais não são considerados. Os operadores precisam se deslocar para realizar estes exames pela superfície

do carro, porém o tempo não é determinado pela movimentação, mas sim pelo tempo de exame.

Deve-se perceber que neste exemplo considerou-se que todos os veículos demandariam todas as atividades. Caso a atividade de limar fosse necessária em apenas 30% dos veículos, esta frequência deveria ser considerada para a determinação do tempo para esta movimentação, e conforme a avaliação também do tempo da atividade.

Deve-se notar ainda que caso fosse aplicado um outro tipo de balanceamento, no qual um operador seria responsável apenas por limar, por exemplo, ele poderia permanecer com a lixadeira nas mãos (ou próximo ao corpo) o tempo todo, desconsiderando o tempo de movimentação.

Quanto à movimentação para o próximo veículo, todos os operadores têm que realizar esta movimentação, logo este é um tempo que será tão maior (considerando o tempo da atividade como um todo) quanto maior for o número de operadores do setor.

Nas condições apresentadas o tempo de cada operador é calculado conforme mostrado abaixo:

- Tempo da atividade total: $267,18 + 19,8 * 3 = 326,58$
- Quantidade de operadores (recalculando): $326,58 / 120 = 2,72$ operadores
- Tempo da atividade dividida pelo número de operadores: $267,18/3 \approx 89,06$ segundos
- Tempo de movimentação: 19,8 segundos
- Tempo total de ciclo para cada operador: 108,86 segundos
- Carga da atividade (por operador): $(108,86 / 120) * 100 = 90,7\%$

4.6 ATIVIDADES DE CONTROLE DE QUALIDADE

Para controle da Qualidade, idealmente deve-se aplicar métodos, como por exemplo, o método *Poka-Yoke*, que garantam que o processo seja executado de forma correta desde o início, eliminando e/ou reduzindo operações de controle de qualidade, uma vez que elas não agregam valor diretamente ao produto (apesar de muitas vezes impedirem que o produto seja repassado ao cliente com defeitos que diminuiriam o valor).

Como na prática quase sempre os processos possuem variabilidade e necessitam ser controlados, estas atividades devem ser consideradas. O exemplo a seguir discute como analisar as atividades de controle.

4.6.1 EXEMPLO: CONTROLE DE QUALIDADE DE FORNO DO FOGÃO

Um exemplo de atividade de controle de qualidade que foi avaliada durante este estudo foi o controle de qualidade dos fornos de fogões em uma das linhas de produção da empresa de linha branca estudada. As paredes dos fornos dos fogões analisados estavam sendo danificadas e necessitavam de controle. Algumas das causas verificadas foram: (a) má qualidade da matéria-prima; (b) problemas devido ao processo de esmaltação / pintura; (c) problemas no transporte das peças; e (d) problemas na montagem das peças.

Estudos foram feitos para minimizar as causas primárias, porém para se sanar definitivamente os problemas eram necessários altos investimentos e sua aplicação demandaria alguns meses. Em primeiro momento, a empresa optou por utilizar a inspeção por julgamento (após a montagem do forno) para garantir que nenhum produto com defeito inaceitável fosse comercializado. A sistemática adotada, naquele instante, foi a utilização de um operador para analisar toda a superfície das paredes dos fornos. A discussão então gerada baseava-se no tempo necessário para que este operador verificasse corretamente a superfície e saber então se seria possível que ele realizasse atividades extras sem que a qualidade de suas análises fosse comprometida.

Na ocasião as análises realizadas basearam-se nas tabelas da própria empresa, que por sua vez eram baseadas nas tabelas do MTM – Método Básico. Apesar de simplificadas, estas análises foram suficientes para o propósito em questão, uma vez que esta era uma solução provisória enquanto alterações maiores para a solução das causas raiz não eram implementadas.

As tabelas MTM – Método Básico consideram dois movimentos distintos: (a) o deslocar da direção do olhar, que é calculado em função da distância entre dois pontos focais e entre a distância dos olhos até a linha de união dos pontos focais; e (b) examinar que ocorre em função da localização das características do campo visual. A Figura 4.3 ilustra estes movimentos. Nas tabelas das empresas, assim como nas tabelas UAS ou MEK, por exemplo, estes dois movimentos são normalmente agrupados em um único movimento que considera um caso geral encontrado nos postos de trabalho. Algumas empresas criam tabelas com valores de controle visual específicos para suas condições tais como: ler características do produto e / ou examinar superfície do produto.

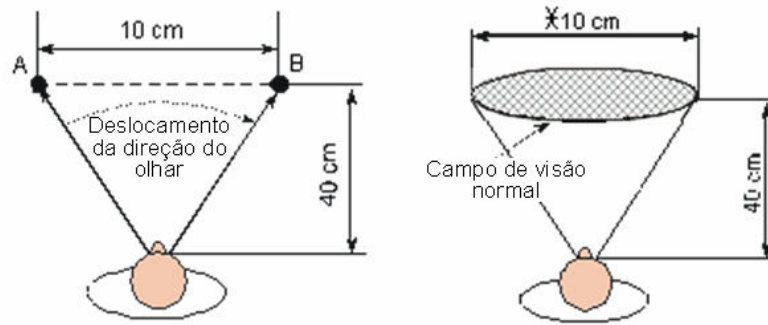


Figura 4.3: Movimentos básicos de funções visuais. Fonte: MTM 2005a

As tabelas da empresa verificada simplificavam os tempos de controle visual em apenas um valor, que poderia ser aplicado para um pequeno número de características em uma dada área a ser examinada, equivalente às análises com as tabelas MTM UAS, utilizada neste exemplo. De acordo com o método MTM UAS, o controle visual, cujo código é VA, permite a análise de uma superfície dentro de um campo visual de até 10 x 10 cm para distância visual de 40 cm.

As dimensões dos fornos analisados são de aproximadamente 50 cm de profundidade, 35 cm de altura e 40 cm de largura. No caso analisado, o operador se aproximava dos produtos para realizar as análises, o que permite dizer que a distância visual era de aproximadamente 40 cm. Considerando as dimensões do forno, pode-se dividir o forno em: 25 áreas de análise para a chapa inferior, 25 para chapa superior, 20 para lateral direita, 20 para a lateral esquerda e 20 para os fundos, totalizando 110 áreas. Toda a área do forno teve que ser examinada, visto que não havia concentração de defeitos em determinadas áreas de cada chapa. Uma das causas apontadas para este problema era o armazenamento/transporte inadequado das peças, o que fazia com que uma peça riscasse a outra. Medidas para solucionar este problema estavam em análise durante o período em que este estudo foi realizado. A Figura 4.4 exemplifica esta divisão.

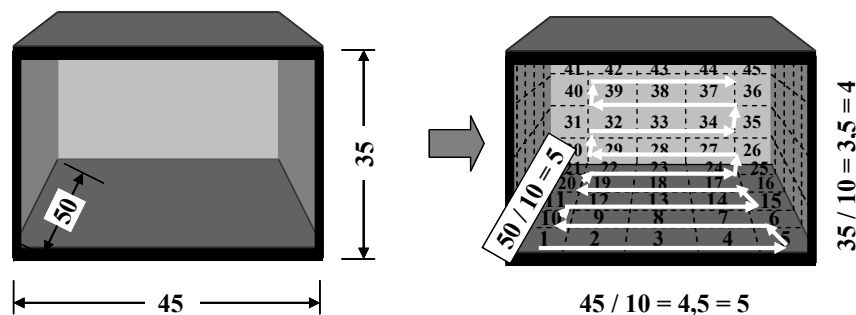


Figura 4.4: Divisão teórica da superfície interna de um forno para controle visual.

Fonte: Próprio Autor

Resumindo tem-se:

- Controle Visual “VA” = 15 TMU’s = 0,54 segundos;
- 110 áreas de controle;
- Tempo total de controle visual = 59,4 segundos.

Conforme já mencionado, esta abordagem simplificada foi apropriada para a análise em questão por se tratar de um paliativo específico para um posto de trabalho por um prazo determinado. Caso esta solução se tornasse definitiva, uma análise mais detalhada utilizando, por exemplo, as tabelas de tempos MTM-Control Visual seria mais apropriada. Em MTM (2005b) podem-se ler as seguintes etapas para apurar o gasto de tempo para uma tarefa de controle visual: (a) estabelecimento da estratégia de controle e se necessário subclassificação em segmentos de controle; (b) determinação do menor tamanho de objeto visual com relação a 40 cm de distância visual; (c) determinação do tamanho do campo de controle em função do tamanho do objeto visual e do contraste; (d) verificar se vários objetos dentro de um campo de controle precisam ser reunidos em um único intervalo de controle; (e) determinação do número de intervalos de controle; (f) apuração dos módulos: Deslocar a direção do olhar ou Ajustar os Olhos; (g) apuração do módulo: Processos Mentais; (h) na ocorrência de falhas aparentes deverá ser analisado um segundo controle e (i) apuração da demanda total de tempo para a tarefa de controle visual.

4.7 ATIVIDADES COM MÚLTIPLAS COMBINAÇÕES DE VARIANTES

Com as empresas tendendo cada vez mais à personalização dos produtos, tornam-se comuns casos onde um mesmo posto de trabalho execute diferentes tarefas para diferentes variantes e/ou produtos. A de montagem de cabos e tubulações do motor de automóveis é um exemplo representativo para esta situação e pôde ser analisado nas duas montadoras automobilísticas pesquisadas.

4.7.1 EXEMPLO: MONTAGEM DO MOTOR DE AUTOMÓVEIS

O exemplo da montagem dos itens de motor nos automóveis pode apresentar em um único posto de trabalho diversas variações, tais como: (a) modelo do automóvel; (b) tipos de motores quanto à c.c. (1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0 etc.); (c) tipos de motores quanto ao número/disposição de cilindros (6, 8, 12 cilindros em V, horizontal, vertical etc.); (d) tipo de combustível: (gasolina, diesel, álcool, flex, etc.); (e) com ou sem ar condicionado; (f) com ou sem direção hidráulica; (g) posição da direção (direção no lado esquerdo ou direito do

automóvel); (h) tipo de cambio (manual, automático, versões especiais); (i) versões especiais (modelos esportivos, *off-road* etc.); e (j) características especiais de produção para cada país / região etc.

Mesmo que nem todas estas variações acima descritas estejam presentes, é possível que no mesmo posto de trabalho sejam realizadas atividades com mais de 200 combinações diferentes!

No exemplo aqui descrito será considerado um posto de trabalho onde estejam presentes as seguintes variações e porcentagens:

- Motor: 1.0 - 30%; 1.6 - 35%; 1.8 - 20%; 2.0 - 15%;
- Automóveis com ar condicionado - 75%; sem ar condicionado - 25%;
- Automóveis com direção hidráulica - 80%; sem direção hidráulica - 20%;
- Automóveis com direção na esquerda - 90%; com direção na direita - 10%;
- Restrição: todos os veículos com motor 2.0 são equipados com ar condicionado e direção hidráulica.

A Tabela 4.8 resume todas as possibilidades de variantes de veículos que podem ser montados neste posto de trabalho e a porcentagem do *mix* (proporção de unidades a serem produzidas de cada variante do produto em relação ao todo). Normalmente, o *mix* varia de acordo com a demanda e capacidade de produção e são normalmente definidas por período (dia, semana, mês, ano etc., de acordo com as características da produção).

A Tabela 4.9 apresenta as análises de todas as atividades para o posto de trabalho deste exemplo, enquanto que a Tabela 4.10 exemplifica a análise de duas variantes. Neste exemplo, os tempos calculados a partir de tabelas de tempos específicas das empresas foram arredondados, e um maior detalhamento é omitido para gerar uma neutralidade das informações e preservar o sigilo das empresas. Ressalta-se ainda o fato de que as operações completas dos itens do motor não são realizadas em um único posto de trabalho, mas sim ao longo da linha e com atividades realizadas por múltiplos operadores.

Tabela 4.8: Possibilidades e porcentagens de montagens de variantes do exemplo.

Dir.	% Lado da Dir.	Ar cond.	% Ar cond.	Dir. hid.	% Dir. hid.	Motor	% Motor	MIX
Esq.	90%	C/ ar	75%	C/ d.h.	80%	1.0	30%	16,2%
Dir.	10%	C/ ar	75%	C/ d.h.	80%	1.0	30%	1,8%
Esq.	90%	Sem ar	25%	C/ d.h.	80%	1.0	30%	5,4%
Dir.	10%	Sem ar	25%	C/ d.h.	80%	1.0	30%	0,6%
Esq.	90%	C/ ar	75%	S/ d.h.	20%	1.0	30%	4,1%
Dir.	10%	C/ ar	75%	S/ d.h.	20%	1.0	30%	0,5%
Esq.	90%	Sem ar	25%	S/ d.h.	20%	1.0	30%	1,4%
Dir.	10%	Sem ar	25%	S/ d.h.	20%	1.0	30%	0,2%
Esq.	90%	C/ ar	75%	C/ d.h.	80%	1.6	35%	18,9%
Dir.	10%	C/ ar	75%	C/ d.h.	80%	1.6	35%	2,1%
Esq.	90%	Sem ar	25%	C/ d.h.	80%	1.6	35%	6,3%
Dir.	10%	Sem ar	25%	C/ d.h.	80%	1.6	35%	0,7%
Esq.	90%	C/ ar	75%	S/ d.h.	20%	1.6	35%	4,7%
Dir.	10%	C/ ar	75%	S/ d.h.	20%	1.6	35%	0,5%
Esq.	90%	Sem ar	25%	S/ d.h.	20%	1.6	35%	1,6%
Dir.	10%	Sem ar	25%	S/ d.h.	20%	1.6	35%	0,2%
Esq.	90%	C/ ar	75%	C/ d.h.	80%	1.8	20%	10,8%
Dir.	10%	C/ ar	75%	C/ d.h.	80%	1.8	20%	1,2%
Esq.	90%	Sem ar	25%	C/ d.h.	80%	1.8	20%	3,6%
Dir.	10%	Sem ar	25%	C/ d.h.	80%	1.8	20%	0,4%
Esq.	90%	C/ ar	75%	S/ d.h.	20%	1.8	20%	2,7%
Dir.	10%	C/ ar	75%	S/ d.h.	20%	1.8	20%	0,3%
Esq.	90%	Sem ar	25%	S/ d.h.	20%	1.8	20%	0,9%
Dir.	10%	Sem ar	25%	S/ d.h.	20%	1.8	20%	0,1%
Esq.	90%	C/ ar	100%	C/ d.h.	100%	2.0	15%	13,5%
Dir.	10%	C/ ar	100%	C/ d.h.	100%	2.0	15%	1,5%
Esq.	90%	Sem ar	0%	C/ d.h.	80%	2.0	15%	0,0%
Dir.	10%	Sem ar	0%	C/ d.h.	80%	2.0	15%	0,0%
Esq.	90%	C/ ar	75%	S/ d.h.	0%	2.0	15%	0,0%
Dir.	10%	C/ ar	75%	S/ d.h.	0%	2.0	15%	0,0%
Esq.	90%	Sem ar	0%	S/ d.h.	0%	2.0	15%	0,0%
Dir.	10%	Sem ar	0%	S/ d.h.	0%	2.0	15%	0,0%
								100%

Fonte: Próprio Autor

Na Tabela 4.9 as atividades não são organizadas de maneira seqüencial, seguindo a ordem cronológica das atividades a serem realizadas por variante, mas sim agrupadas de acordo com o propósito da atividade. A análise de tempos por ordem cronológica é muito utilizada, sobretudo na cronometragem. Com a metodologia MTM, a análise de tempos por ordem cronológica também é possível, como pode ser verificado na Tabela 4.10, porém a prática mostrou que para postos de trabalho com múltiplas variantes, o agrupamento das atividades pelo propósito a que elas são realizadas, conforme utilizado na Tabela 4.9 permite a obtenção dos tempos para todas as variantes de maneira muito mais rápida e eficiente.

Tabela 4.9: Exemplo de todas atividades analisadas para postos com múltiplas variantes.

Descrição da atividade	Modelo	Tempo [s]
Tubulação do sistema de controle		
Soltar / desenroskar tubulação	Todos	5
Acréscimo de tempo para desenroskar tubulações grandes (movimentos adicionais)	Motor 2.0	5
Encaixar em grampo/presilha	Todos	1,5
Encaixar clipe 1x	Motor 1.0 sem ar cond.	1
Encaixar clipe 2x	Motor 1.6 sem ar cond. ou Motor 1.8 sem ar cond.	2
Encaixar clipe 4x	Motor 2.0	4
Conectar plug (1x) simples	Motor 1.0 ou 1.6	2,5
Conectar plug (1x) com trava de segurança	Motor 1.8	4
Conectar plug (2x) com trava de segurança	Motor 2.0	8
Montar cabo de bateria / Gerador		
Desenroskar / soltar cabos	Todos	5
Acréscimo para desenroskar cabos	Direção na direita	5
Passar cabo por dentro de proteção	Todos	15
Acréscimo para passar cabo por dentro de proteção	Direção na direita	10
Encaixar 2x na bateria	Todos	10
Montar tubulação do ar condicionado		
Desenroskar tubulação	Com ar condicionado	2
Passar por proteção	Com ar condicionado	5
Juntar tubulações com demais cabos e prende-los com presilha	Com ar condicionado	15
Conectar 1 plug	Com ar condicionado	2,5
Montar reservatório para direção hidráulica		
Apanhar reservatório com movimentação de ida e volta até estante e encaixa-la no carro.	Com direção hidráulica	10
Montar tubulações de direção hidráulica		
Apanhar 2 tubulações e conecta-las no reservatório	Com direção hidráulica	20
Parafusar para fixar tampa / proteção da bateria		
Parafusar 2x com parafusadeira elétrica	Direção na esquerda	10
Ida e volta par outro lado do carro	Direção na direita	6
Parafusar 2x com ferramenta manual (posição da peça impede o posicionamento da parafusadeira elétrica)	Direção na direita	20
Montar tampa / proteção sobre o motor.		
Apanhar tampa e encaixa-la no motor	Motor 2.0	10

Fonte: Próprio Autor

A análise de postos de trabalho que realizam atividades com múltiplas variantes não é um processo simples e necessita normalmente do auxílio de operadores diretos com experiência. A técnica utilizada para estes postos de trabalho que mostrou melhores resultados pode ser resumida em:

- O analista MTM analisa uma variante qualquer, de maneira cronológica para entender as principais atividades realizadas no posto de trabalho;
- De posse desta análise, o analista prepara um pré-agrupamento das atividades;
- O analista MTM questiona o operador experiente sobre as diferenças que cada agrupamento de atividades tem para as variantes de produtos. Técnicas como a verificação das atividades por peças montadas, a divisão mental das áreas a serem trabalhadas e/ou localização espacial (parte superior esquerda, central etc.) também

auxiliam neste processo uma vez que se tornam uma espécie de lista de verificação para as atividades;

- Em conjunto (analista e operador) verificam se todas as variantes possíveis foram contempladas nas análises;
- Calcula-se o tempo e realiza-se o processo de validação das atividades.

Tabela 4.10: Exemplo de atividades de duas variantes analisadas.

Dir. esquerda, sem ar cond., sem dir. hid., motor 1.0	Tempo [s]	Dir. direita, com ar cond., com dir. hid., motor 2.0	Tempo [s]
Soltar / desenroscar tubulação	5	Soltar / desenroscar tubulação	5
Encaixar em grampo/presilha	1,5	Acréscimo de tempo para desenroscar tubulações grandes (movimentos adicionais)	5
Encaixar clipe 1x	1	Encaixar em grampo/presilha	1,5
Conectar plug (1x) simples	2,5	Encaixar clipe 4x	4
Desenroscar / soltar cabos		Conectar plug (2x) com trava de segurança	8
Desenroscar / soltar cabos	5	Desenroscar / soltar cabos	5
Passar cabo por dentro de proteção	15	Acréscimo para desenroscar cabos	5
Encaixar 2x na bateria	10	Passar cabo por dentro de proteção	15
Parafusar 2x com parafusadeira elétrica	10	Acréscimo para passar cabo por dentro de proteção	10
		Encaixar 2x na bateria	10
		Desenroscar tubulação	2
		Passar por proteção	5
		Juntar tubulações com demais cabos e prende-los com presilha	15
		Conectar 1 plug	2,5
		Apanhar reservatório com movimentação de ida e volta até estante e encaixa-la no carro.	10
		Apanhar 2 tubulações e conectá-las no reservatório	20
		Ida e volta par outro lado do carro	6
		Parafusar 2x com ferramenta manual	20
		Apanhar tampa e encaixa-la no motor	10
Tempo Total	50	Tempo Total	159

Fonte: Próprio Autor

Para se obter os tempos de todas as variantes aconselha-se resumir as micro-atividades em macro-atividade conforme o exemplo da Tabela 4.11.

A partir deste resumo pode-se calcular os tempos por variantes (modelos). A forma como os tempos são apresentados na Tabela 4.11 permite que os tempos de cada variante sejam calculados apenas adicionando-se os tempos das atividades pertinentes. Uma outra possibilidade é a utilização de uma variante de referência e a indicação dos tempos através das diferenças exemplo: considerando como referência um veículo com direção na direita os tempos para montar o cabo de bateria / gerador seriam apresentados como 45 segundos para veículos com direção direita e 15 segundos para veículos para veículos com direção na

esquerda. Este caso é utilizado quando alguma variante ou característica tem uma grande representatividade (alto volume de produção comparado com as demais variantes, importância estratégica, etc.). Uma opção para este caso é a adoção da variante de menor tempo (mesmo que esta variante não seja produzida) como forma de resumir os dados. A Tabela 4.12 exemplifica a utilização da variante de menor tempo como base dos tempos enquanto que a Tabela 4.13 apresenta os tempos para cada variante a ser produzida.

Tabela 4.11: Resumo de macro-atividades para múltiplas variantes.

Descrição da atividade	Modelo	Tempo [s]
Tubulação do sistema de controle:	Todos	6,5
	Motor 1.0	2,5
	Motor 1.0 sem ar cond.	1
	Motor 1.6	2,5
	Motor 1.6 sem ar cond.	2
	Motor 1.8	4
	Motor 1.8 sem ar cond.	2
	Motor 2.0	17
Montar cabo de bateria / Gerador	Todos	30
	Dir. Direita	15
Montar tubulação do ar condicionado	Ar condicionado	24,5
Montar direção hidráulica	Dir. Hidr.	30
Parafusar para fixar tampa / proteção da bateria;	Dir. Esquerda	10
	Dir. Direita	26
Montar tampa / proteção sobre o motor.	Motores 2.0	10

Fonte: Próprio Autor

Tabela 4.12: Resumo de tempos com base na variante de menor tempo.

Modelo / Variante	Tempo [s]
Variante de Menor tempo: veículo com direção na esquerda, sem ar condicionado, sem direção hidráulica e motor 1.0	50
Veículo com direção na direita	31
Veículo com ar condicionado	24,5
Veículo com direção hidráulica	30
Veículo com motor 1.6 ou 1.8 e sem ar condicionado	1
Veículo com motor 1.8	1,5
Veículo com motor 2.0	23,5

Fonte: Próprio Autor

As observações abaixo são feitas sobre os números apresentados Tabela 4.12, que foram calculados a partir dos tempos apresentados na Tabela 4.11:

- O tempo para a variante base, 50 segundos, é composto por: 6,5s (Todos) + 2,5s (Motor 1.0) + 1s (Motor 1.0 s/ ar condicionado) + 30s (Todos) + 10s (Direção Esquerda);
- O tempo adicional para veículos com direção na direita, 31 segundos, é composto por: 15s (direção direita) – 10s (direção esquerda) + 26s (direção direita);

- Os tempos adicionais para veículos com ar condicionado, 24,5 segundos e com direção hidráulica, 30 segundos, são obtidos de maneira direta da Tabela 4.11;
- O tempo adicional para veículos com motor 1.6 ou 1.8 e sem ar condicionado, 1 segundo, é composto por: 2s (motor 1.6 ou 1.8 sem ar condicionado) – 1s (motor 1.0 sem ar condicionado);
- O tempo adicional para veículos com motor 1.8, 1,5 segundos, é composto por: 4s (motor 1.8) – 2,5s (motor 1.0);
- O tempo adicional para veículos com motor 2.0, 23,5 segundos, é composto por: 17s + 10s (relativos a tempos de motores 2.0) – 2,5s (Motor 1.0) - 1s (Motor 1.0 s/ ar condicionado).

As observações abaixo são feitas sobre os números apresentados Tabela 4.12, que foram calculados a partir dos tempos apresentados na Tabela 4.11:

- O tempo para a variante base, 50 segundos, é composto por: 6,5s (Todos) + 2,5s (Motor 1.0) + 1s (Motor 1.0 s/ ar condicionado) + 30s (Todos) + 10s (Direção Esquerda);
- O tempo adicional para veículos com direção na direita, 31 segundos, é composto por: 15s (direção direita) – 10s (direção esquerda) + 26s (direção direita);
- Os tempos adicionais para veículos com ar condicionado, 24,5 segundos e com direção hidráulica, 30 segundos, são obtidos de maneira direta da Tabela 4.11;
- O tempo adicional para veículos com motor 1.6 ou 1.8 e sem ar condicionado, 1 segundo, é composto por: 2s (motor 1.6 ou 1.8 sem ar condicionado) – 1s (motor 1.0 sem ar condicionado);
- O tempo adicional para veículos com motor 1.8, 1,5 segundos, é composto por: 4s (motor 1.8) – 2,5s (motor 1.0);

O tempo adicional para veículos com motor 2.0, 23,5 segundos, é composto por: 17s + 10s (relativos a tempos de motores 2.0) – 2,5s (Motor 1.0) - 1s (Motor 1.0 s/ ar condicionado). Conforme pode ser verificado na Tabela 4.13, os tempos das atividades a serem realizadas variam neste posto de 50 até 159 segundos de acordo com a variante a ser montada com valor médio (para este *mix* de produtos) igual a 101,3 segundos, o que significa dizer que este posto de trabalho apresentará situações onde o operador realiza as atividades com tempo de sobra bem como situações onde o operador não terá condições de concluir suas atividades dentro de sua estação de trabalho mesmo com grande esforço.

Tabela 4.13: Tabela com tempos para todas as variantes a serem produzidas.

Direção	Ar condicionado	Direção hidráulica	Motor	Mix	Tempo Total [s]	Tempo Total x Mix [s]
Esquerda	Com ar cond.	Com direção hidráulica	1.0	16,2%	104,5	16,9
Direita	Com ar cond.	Com direção hidráulica	1.0	1,8%	135,5	2,4
Esquerda	Sem ar cond.	Com direção hidráulica	1.0	5,4%	80	4,3
Direita	Sem ar cond.	Com direção hidráulica	1.0	0,6%	111	0,7
Esquerda	Com ar cond.	Sem direção hidráulica	1.0	4,1%	74,5	3,0
Direita	Com ar cond.	Sem direção hidráulica	1.0	0,5%	105,5	0,5
Esquerda	Sem ar cond.	Sem direção hidráulica	1.0	1,4%	50	0,7
Direita	Sem ar cond.	Sem direção hidráulica	1.0	0,2%	81	0,1
Esquerda	Com ar cond.	Com direção hidráulica	1.6	18,9%	104,5	19,8
Direita	Com ar cond.	Com direção hidráulica	1.6	2,1%	135,5	2,8
Esquerda	Sem ar cond.	Com direção hidráulica	1.6	6,3%	81	5,1
Direita	Sem ar cond.	Com direção hidráulica	1.6	0,7%	112	0,8
Esquerda	Com ar cond.	Sem direção hidráulica	1.6	4,7%	74,5	3,5
Direita	Com ar cond.	Sem direção hidráulica	1.6	0,5%	105,5	0,6
Esquerda	Sem ar cond.	Sem direção hidráulica	1.6	1,6%	51	0,8
Direita	Sem ar cond.	Sem direção hidráulica	1.6	0,2%	82	0,1
Esquerda	Com ar cond.	Com direção hidráulica	1.8	10,8%	106	11,4
Direita	Com ar cond.	Com direção hidráulica	1.8	1,2%	137	1,6
Esquerda	Sem ar cond.	Com direção hidráulica	1.8	3,6%	82,5	3,0
Direita	Sem ar cond.	Com direção hidráulica	1.8	0,4%	113,5	0,5
Esquerda	Com ar cond.	Sem direção hidráulica	1.8	2,7%	76	2,1
Direita	Com ar cond.	Sem direção hidráulica	1.8	0,3%	107	0,3
Esquerda	Sem ar cond.	Sem direção hidráulica	1.8	0,9%	52,5	0,5
Direita	Sem ar cond.	Sem direção hidráulica	1.8	0,1%	83,5	0,1
Esquerda	Com ar cond.	Com direção hidráulica	2.0	13,5%	128	17,3
Direita	Com ar cond.	Com direção hidráulica	2.0	1,5%	159	2,4
				100%		101,3

Fonte: Próprio Autor

Devido à grande variabilidade dos tempos das atividades em postos com múltiplas variantes, este tipo de análise costuma apresentar problemas para a aplicação prática. Algumas das medidas aplicadas para amenizar os problemas foram:

- **Aplicação do tempo médio como base para o balanceamento.**

A diferença entre o tempo de execução das atividades e o tempo de ciclo é um desperdício, pois gera ociosidade ou sobrecarga de trabalho, logo a melhor maneira de se diminuir o desperdício é igualando o tempo médio das atividades ao tempo de ciclo, buscando alcançar o balanceamento perfeito. Normalmente, as empresas aplicam metas de cargas mínimas de trabalho que devem ser aplicadas a cada posto de trabalho para diminuir e/ou evitar o desperdício. Os valores mínimos aceitáveis para postos de trabalho comuns normalmente está compreendido entre 85 e 90% do tempo do ciclo. É senso comum que a média de tempo das atividades não deva ultrapassar 100% para não sobrecarregar os operadores.

- **Determinação do tempo máximo de atividades que podem ser realizados dentro da estação.**

Apesar da base para o balanceamento ser os tempos médios das atividades, os tempos individuais de cada variante a ser produzida também devem ser analisados. Deve-se procurar balancear os postos de maneira que as variantes de menor tempo se aproximem ao máximo da carga de 100% para evitar os tempos de espera e com isso os desperdícios. Por outro lado, as variantes de maior tempo devem ter um valor limite para permitir que suas atividades sejam realizadas sem comprometimento na qualidade e / ou ergonomia do posto. O valor máximo da carga de trabalho normalmente aplicado é de 200% para empresas que utilizam funcionários de apoio, o que equivale a dizer que para estas variantes de carga excessiva de trabalho, dois operadores (um operador direto e um indireto) realizam esta atividade.

- **Planejamento e utilização de funcionários de apoio.**

Uma prática verificada nas empresas automotivas analisadas consiste em planejar a produção de modo a evitar que dois ou mais veículos com tempos de produção elevados e / ou reduzidos sejam produzidos em seqüência, de forma a garantir que o operador não tenha picos de trabalho. Porém mesmo com um bom planejamento, essa regra nem sempre é possível de ser aplicada na prática. A solução verificada em uma das empresas para estes casos é o repasse diário do planejamento para os colaboradores diretos da produção detalhando quais modelos/variantes serão montadas em que seqüência e quais os horários previstos, de forma a permitir que os operadores se preparem. Os operadores de apoio de posse desta informação se programam para que nos momentos críticos eles possam atuar.

- **Proibição do adiantamento das atividades.**

Este tipo de prática, que muitos operadores tendem a executar, deve ser evitada, pois impossibilita um controle adequado, podendo gerar prejuízos de qualidade, além do fato que o operador que está adiantando o serviço pode atrapalhar o operador do posto anterior.

- **Determinação de uma seqüência padrão para os trabalhos.**

Para postos de trabalho com múltiplas atividades, recomenda-se a seguinte seqüência para a realização das atividades: primeiro montar as peças pequenas e ou complexas que exigem maior concentração, na seqüência realizar as atividades específicas de cada variante e por fim executar as atividades rotineiras aplicadas a todas (ou quase todas) as variantes, ou seja, realizar as atividades mais difíceis primeiro. Esta seqüência permite que o operador realize as atividades que exigem maior concentração sem pressa, deixando por último as

atividades mais simples, nas quais o nível de concentração é bem menor devido à familiaridade do operador, o que evita falhas no caso de o operador ter que se apressar no final. Em alguns casos pode-se aplicar marcações nos postos de trabalho para determinar as regiões a partir das quais o operador dever acionar os alarmes de qualidade e/ou parada de linha para solicitar ajuda, caso não tenha iniciado as atividades comuns a todas as variantes.

- **Concentração das atividades em determinadas regiões do produto.**

Os deslocamentos dos operadores não podem ser ignorados, pois seus valores de tempo são significativos na maioria dos casos. A regra de movimentação em triângulo é normalmente um bom ponto de partida para a avaliação das movimentações necessárias dos operadores, porém quanto mais próximos os itens a serem trabalhados estiverem entre si, menor será a movimentação, ou seja, menos tempo gasto com atividades que não agregam valor.

- **Codificações dos produtos.**

Outra prática verificada nas indústrias automobilísticas é a codificação dos produtos para facilitar a identificação dos mesmos pelos operadores. Normalmente, os veículos em produção levam anexados em alguma área de fácil identificação uma folha contendo uma lista de códigos, onde cada código significa uma característica do produto. Um exemplo de codificação utilizada é descrito a seguir:

XYZ D(H)(A)

Onde:

X = código da fábrica;

Y = código do modelo de automóvel;

Z = “0” motor 1.0; “6” motor 1.6; “8” motor 1.8 e “2” motor 2.0;

D = “E” para veículos com direção na esquerda e “D” direção na direita;

H = “H” para veículos com direção hidráulica e “_” sem direção hidráulica;

A = “A” para veículos com ar condicionado e “_” sem ar condicionado;

Um exemplo de utilização deste tipo de código é mostrado na Figura 4.5.

- **Utilização de gráficos para facilitar a comunicação.**

A avaliação de tempos de postos com múltiplas variantes pode gerar atritos entre os envolvidos. Alguns operadores têm a falsa impressão de que um balanceamento pelos valores médios das atividades não condiz com a realidade das atividades do posto de trabalho, pois em momento de pico ele não consegue executar todas as atividades necessárias dentro da

estação de trabalho. Verificou-se que os gráficos tornam-se uma ferramenta útil para facilitar a comunicação. A Figura 4.5 mostra um gráfico do posto analisado neste subitem onde é possível verificar a grande diferença entre o tempo necessário para produção de um veículo 1.0 com direção na esquerda, sem ar condicionado, sem direção hidráulica “XY0 E__” (50s) e um veículo 2.0 com direção na direita com ar condicionado e direção hidráulica “XY2 DHA” (159s).

Este gráfico é uma forma simples de ilustrar os resultados da Tabela 4.13, ordenados pelo tempo de produção. Através deste gráfico também se pode verificar quais veículos são críticos (necessitam de operador de apoio), quais necessitam de atenção (não devem ser montados em seqüência e/ou utilizar operador de apoio) e quais veículos tem baixa carga de trabalho e devem ser intercalados com os veículos de maior carga.

Por exemplo, caso o tempo de ciclo deste posto fosse próximo ao ideal de 101,3 segundos (entre 100 e 105 segundos, por exemplo), pode-se considerar como veículos críticos aqueles com tempo superior a 120 segundos, como veículos com status de atenção aqueles com tempos entre 100 e 120 segundos e veículos de baixa carga aqueles com tempos inferiores a 100 segundos.

Tanto para tempos de ciclo inferiores a 100 segundos (que acarretam numa carga de trabalho superior a 100%) quanto a tempo de ciclos superiores a 127 segundos (que acarretam em cargas inferiores a 80%) recomenda-se que o balanceamento das atividades deste posto sejam revistas, tendo como orientação principalmente as atividades das variantes de maior volume e tempo por serem mais representativas.

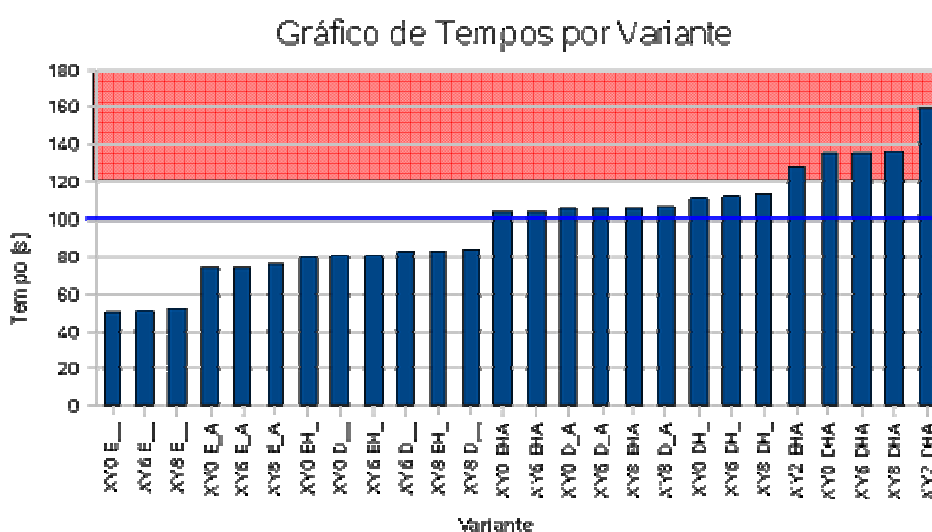


Figura 4.5: Tempo das atividades de um posto de trabalho com múltiplas variantes. Fonte:

Próprio Autor

4.8 ATIVIDADES DE LOGÍSTICA

A metodologia MTM permite a elaboração, análise e quantificação de diferentes alternativas para os métodos de trabalho, o que permite à MTM ser aplicada tanto para estudos de logística interna quanto para a logística externa de uma empresa. Como na logística externa, os tempos mais representativos normalmente são os tempos de trâmites burocráticos e dos meios de transporte (caminhões, trens, aviões etc.), será considerado neste trabalho a aplicação da MTM para as atividades de logística interna, onde o tempo das atividades humanas têm maior representatividade.

O exemplo a seguir representa uma situação típica de logística interna verificado nas empresas analisadas, onde um operador escolhe e separa peças de um local de armazenamento para então abastecer a linha de montagem. Neste exemplo, os tempos calculados a partir de tabelas de tempos específicas das empresas foram arredondados, e um maior detalhamento é omitido para gerar uma neutralidade das informações e preservar o sigilo das empresas.

4.8.1 EXEMPLO: ABASTECIMENTO DE LINHA DE PRODUÇÃO

Esta atividade consiste em separar peças e abastecer a linha de montagem utilizando um carrinho transportador conforme esquema mostrado na Figura 4.6.

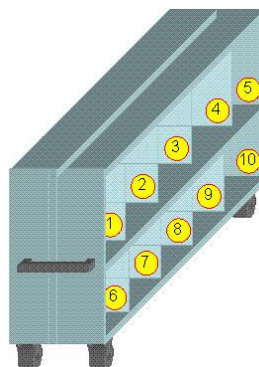


Figura 4.6: Ilustração do esquema do carrinho transportador. Fonte: Próprio Autor.

O carrinho transportador possui 20 compartimentos (10 de cada lado), e em cada lado há 5 compartimentos em cima e 5 em baixo, conforme mostrado na Figura 4.6. Em cada compartimento são colocadas as peças necessárias para produção/montagem de um produto, e em cada lado existe uma capa com fecho com velcro para evitar que alguma peça caia durante o transporte.

O local de armazenamento conta com uma impressora, uma mesa, uma estante e dois locais de armazenamento onde se encontram diferentes peças (aqui chamadas pelos nomes fictícios “P#”). As peças P1, P2, P3, P4 se encontram na estante e nos locais de armazenamento são estocadas as peças P5 e P6. Um leiaute esquemático do local de armazenamento pode ser visto na Figura 4.7.

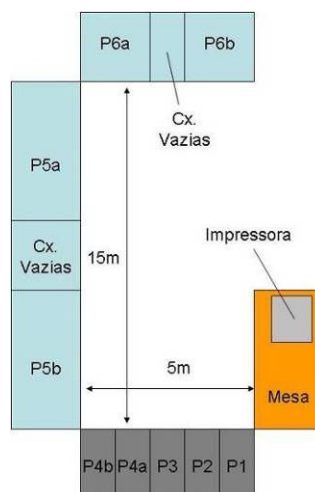


Figura 4.7; Leiaute esquemático do local de armazenamento. Fonte: Próprio Autor

A estante utilizada para o armazenamento das peças P1, P2, P3 e P4 é descrita conforme abaixo:

- As peças P1, P2, P3 e P4 ficam armazenadas na estante, separadas em colunas como mostrado na Figura 4.7;
- As peças P1, P2 e P3 possuem três variantes cada e ficam separadas em prateleiras conforme mostrado na Figura 4.8;
- A peça P4 possui cinco variantes separadas em duas colunas e três prateleiras (uma vazia);
- As três prateleiras inferiores são utilizadas para armazenamento das peças enquanto que a prateleira superior é utilizada para depositar as caixas vazias;
- As prateleiras possuem inclinação e roldanas de forma a permitir que as caixas estejam sempre mais próximas ao operador. A prateleira superior é invertida para facilitar a retirada das caixas;
- As caixas têm função de “Kanban” uma vez que os abastecedores do armazém percebem quando há caixas vazias na estante e realizam então a substituição nas prateleiras apropriadas;

- As caixas das peças P1 e P2 são fornecidas com 50 peças cada, sendo que a quantidade de peças por caixas é definida em função do volume, peso, características dos processos anteriores, estratégias dos fornecedores etc.;
- As caixas das peças P3 são fornecidas com 30 peças cada;
- As caixas das peças P4 são fornecidas com 20 peças cada;

A Figura 4.8 mostra o esquema das estantes utilizadas para este exemplo.

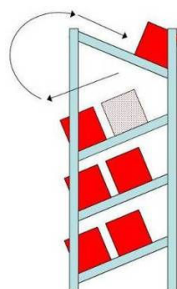


Figura 4.8: Estante do local de armazenamento das peças P1, P2, P3 e P4. Fonte: Próprio Autor

A descrição do local de armazenamento das peças P5 e P6 é feita abaixo:

- 4 variantes ordenadas em colunas conforme esquema da Figura 4.9;
- Coluna central para caixas vazias;
- As caixas são empilhadas de 3 em 3 sendo que a superior possui uma tampa.
- As caixas das peças P5 são fornecidas com 4 peças cada;
- As caixas das peças P6 são fornecidas com 6 peças cada;

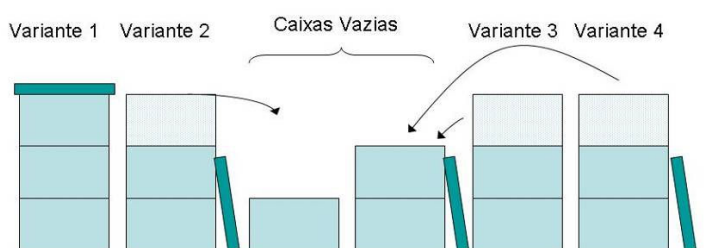


Figura 4.9: Local de armazenamento das peças P5 e P6. Fonte: Próprio Autor

As etapas que compõem a atividade de movimentação e armazenamento são as seguintes:

- Ir até a impressora e apanhar maço de formulários contínuo com 40 folhas. Colocar maço de formulários contínuo com 40 folhas na mesa e destacar as folhas. Cada folha corresponde à descrição das peças necessárias e são impressas na seqüência que devem ser fornecidas;

- Colocar uma folha em cada compartimento do carrinho transportador de maneira seqüencial;
- Selecionar e colocar as peças no carrinho de transporte. Em cada compartimento do carrinho deverão ser colocadas uma peça P1, P2, P3, P4, P5 e uma peça P6, apenas uma variante de cada. A peça P4 é opcional e só é selecionada em 20% dos casos.
- Levar o carrinho com as peças até a linha de montagem/produção e trazer um carrinho vazio de volta.
- Estas atividades são repetidas duas vezes para abastecer os dois lados da linha de produção. Os produtos a serem montados possuem características simétricas e, portanto as mesmas peças devem ser abastecidas em ambos os lados.

São montados diversos modelos dos produtos e este processo permite que o abastecimento das peças para a linha seja executado na mesma seqüência em que os produtos são montados na linha, possibilitando assim uma produção nivelada (ao invés da necessidade de produção por batelada).

Faz-se aqui o questionamento de qual seria a melhor seqüência de trabalho a ser implementada. Em geral, este tipo de atividade não possui um método definido, sendo que se forem observados cinco trabalhadores realizando esta tarefa é muito provável que esta seja realizada de cinco (ou mais) maneiras diferentes, pois mesmo que um método de trabalho padrão seja estabelecido, é provável que alguns operadores simplesmente não o utilizem. Neste exemplo será detalhada apenas a atividade de selecionar as peças e colocá-las no carrinho de transporte, apresentando dois métodos possíveis de serem realizados, conforme a Tabela 4.14.

Em praticamente todos os casos de análises MTM a comparação de diferentes métodos de trabalho é possível e, caso o tempo de análise seja viável, torna-se recomendada. Este princípio é usado, por exemplo, na melhoria contínua. Um novo método de trabalho pode ser avaliado e comparado com o método atual, verificando-se as vantagens e eficiência de cada um.

Algumas situações, tais como a análise de logística aqui apresentada podem apresentar características que dificultem uma padronização de movimentos. Neste caso específico, as peças possuem variantes diferentes, o que podem exigir dos operadores um processo de procura das peças, o que faz com que o operador realize as atividades de maneira diferente a cada vez. Em casos como este, para permitir uma maior representatividade do método proposto, pode ser conveniente “combinar os métodos de trabalho” e esta combinação de métodos é possível e de fácil aplicação, bastando aplicar uma freqüência para cada método utilizado.

Tabela 4.14: Diferentes análises aplicadas para uma mesma atividade.

Método de trabalho 1	Tempo	Método de trabalho 2	Tempo
Posicionar carrinho junto as estantes (1/20)	0,5 s	Posicionar carrinho junto as estantes (1/20)	0,5 s
Ler descrição da peça P1	0,3 s	Ler descrição das peças P1 e P2	0,6 s
Movimento de ida e volta para apanhar peça (área média de movimentação 2m)	4 s	Movimento de ida e volta para apanhar peças (área média de movimentação 2m)	4 s
Apanhar peça P1 e colocar no compartimento do carrinho.	1,5 s	Apanhar peças P1 e P2 colocar no compartimento do carrinho.	2,5 s
Retirar caixa vazia e colocar no local de deposição (1/50)	0,1 s	Retirar caixa vazia e colocar no local de deposição (2/50)	0,2 s
Ler descrição da peça P2	0,3 s	Ler descrição das peças P3 e P4	0,6 s
Movimento de ida e volta para apanhar peça(área média de movimentação 2m)	4 s	Movimento de ida e volta para apanhar peças (área média de movimentação 2m)	4 s
Apanhar peça P2 e colocar no compartimento do carrinho.	1,5 s	Apanhar peças P3 e P4 colocar no compartimento do carrinho.	2,5 s
Retirar caixa vazia e colocar no local de deposição (1/50)	0,1 s	Retirar caixa vazia e colocar no local de deposição (1/30+1/20*20%)	0,25 s
Ler descrição da peça P3	0,3 s	Girar carrinho para posicionar peças do outro lado (1/20)	0,5 s
Movimento de ida e volta para apanhar peça (área média de movimentação 2m)	4 s	Empurrar carrinho 7m para próximo às caixas contendo as peças P5 (1/20)	0,5 s
Apanhar peça P3 e colocar no compartimento do carrinho.	1,5 s	Ler descrição de duas peças P5 (2/2)	0,3 s
Retirar caixa vazia e colocar no local de deposição (1/30)	0,2 s	Movimento de ida e volta para apanhar peças (área média de movimentação 5m)	8,5 s
Ler descrição da peça P4	0,3 s	Apanhar 2 peças P5 e colocar no compartimento do carrinho (2/2)	1,25 s
Movimento de ida e volta para apanhar peça (área média de movim. 2m x 20%)	0,8 s	Retirar caixa vazia e colocar no local de deposição (1/4)	1,5 s
Apanhar peça P4 e colocar no compartimento do carrinho (20%).	0,3 s	Girar carrinho para posicionar peças do outro lado (1/20)	0,5 s
Retirar caixa vazia e colocar no local de deposição (1/20 * 20%)	0,05 s	Empurrar carrinho 7m para próximo às caixas contendo as peças P6 (1/20)	0,5 s
Girar carrinho para posicionar peças do outro lado (1/20)	0,5 s	Ler descrição de duas peças P6 (2/2)	0,3 s
Empurrar carrinho 7m para próximo às caixas contendo as peças P5 (1/20)	0,5 s	Movimento de ida e volta para apanhar peças (área média de movimentação 2m)	4 s
Ler descrição da peça P5	0,3 s	Apanhar duas peças P6 e colocar no compartimento do carrinho	1,25 s
Movimento de ida e volta para apanhar peça (área média de movimentação 5m)	8,5 s	Retirar caixa vazia e colocar no local de deposição (1/6)	1 s
Apanhar peça P5 e colocar no compartimento do carrinho	1,5 s	Girar carrinho para posicionar peças do outro lado (1/20)	0,5 s
Retirar caixa vazia e colocar no local de deposição (1/4)	1,5 s		
Girar carrinho para posicionar peças do outro lado (1/20)	0,5 s		
Empurrar carrinho 7m para próximo às caixas contendo as peças P6 (1/20)	0,5 s		
Ler descrição da peça P6	0,3 s		
Movimento de ida e volta para apanhar peça (área média de movimentação 2m)	4 s		
Apanhar peça P6 e colocar no compartimento do carrinho	1,5 s		
Retirar caixa vazia e colocar no local de deposição (1/6)	1 s		
Girar carrinho para posicionar peças do outro lado (1/20)	0,5 s		
Total	40,85 s		37.75 s

Fonte: Próprio Autor

Para o posto de trabalho detalhado neste exemplo, os registros anteriores de tempo da empresa eram incompletos e não permitiam uma comparação, porém ao se estabelecer e analisar múltiplos métodos, baseados nos movimentos que estavam sendo executados pelos operadores, pode-se constatar quais os melhores métodos, utilizá-los como fonte de treinamento para os operadores além de organizar e padronizar os dados relativos aos tempos deste posto de trabalho.

Na Tabela 4.15, é apresentado um resumo das análises do posto de trabalho de logística interna considerado neste exemplo. Neste resumo, os dois métodos de trabalho propostos na Tabela 4.14 são representados, porém considera-se que o método 2 seja mais representativo e ocorra em 75% das vezes. Outro detalhe que pode ser observado nas tabelas Tabela 4.14 e Tabela 4.15 é que o tempo considera a produção de 1 produto, ou em outras palavras, o tempo é o necessário para selecionar e disponibilizar na linha uma peça de cada (P1, P2, P3, P4, P5 e P6) que serão montadas na linha de produção em um mesmo produto.

Tabela 4.15: Exemplo das análises de atividades de logística.

Atividade	Tempo [seg]	Quant.	Freq.	Tempo Total [seg]
Apanhar maço de 40 folhas, destacá-las e organizá-las.	40	1	1/40	1,0
Colocar 1 folha em cada compartimento do carrinho.	0,8	1	1	0,8
Selecionar e colocar peças no carrinho – Método 1.	40,85	1	0,25	10,2
Selecionar e colocar peças no carrinho – Método 2.	37,75	1	0,75	28,3
Levar o carrinho com as peças até a linha de montagem e trazer um carrinho vazio de volta	200	1	1/20	10
Total				50,3

Fonte: Próprio Autor

Este tipo de formatação em que o tempo é apresentado por produto a ser produzido, tem como principal vantagem servir para o balanceamento das atividades. Por exemplo, caso o tempo de ciclo da linha de montagem para a qual as peças são disponibilizadas seja 60 segundos, o operador deste posto de logística interna estaria atuando com uma carga de trabalho de 84% (50,3/60).

A principal desvantagem desta formatação é que ela não permite a verificação direta pela cronometragem. Para que a verificação direta ocorra, deve-se verificar os tempos unitários das atividades. Por exemplo, uma vez que o carrinho de transporte carrega 20 conjuntos de peças, pode-se multiplicar o tempo por produto (50,3 segundos) por 20 e encontrar o tempo unitário de um abastecimento: 1006 segundos ou 16 minutos e 46 segundos, que pode ser verificado através de cronoanálise.

4.9 ATIVIDADES DE PRODUÇÃO INDIVIDUAL E PEQUENOS LOTES

Devido principalmente ao desconhecimento da evolução da metodologia MTM, muitas pessoas ainda acreditam que atividades realizadas com baixa frequência não podem ter seus tempos planejados de maneira apropriada. Esta falsa idéia aplica-se a atividades como *setup*, manutenção, produção de pequenos lotes e/ou produção de itens únicos, também conhecidos como produção individual. Nestes casos, as afirmações normalmente feitas em empresas são de que estas atividades demandariam tempos e recursos para o planejamento maiores do que a própria operação e com isso seriam injustificáveis do ponto de vista econômico. Este conceito errôneo pode ser desmentido com a utilização de tabelas de tempo MTM de maiores níveis de método.

O autor desta dissertação em visita a uma empresa de ferramentaria na região do grande ABC paulista pode conhecer alguns dos resultados da aplicação da metodologia MTM na fabricação de moldes e estampos para fabricação de peças automotivas prensadas.

Os resultados mais expressivos apresentados correspondiam à comparação dos tempos planejados *versus* executados para os projetos de cada ferramenta antes e depois da aplicação da metodologia MTM. Com uso dos gráficos, pode-se verificar uma significativa redução de projetos terminados antes do prazo previsto (diferenças superiores a uma semana) após a aplicação da metodologia MTM. Poucos atrasos foram verificados tanto antes quanto depois da aplicação de MTM.

Uma análise superficial destes resultados pode levar a uma falsa impressão de que a aplicação da metodologia MTM não foi vantajosa uma vez que quando apenas a experiência dos operadores e planejadores era utilizada, os resultados eram igualmente satisfatórios (no aspecto de haver poucos atrasos), porém o que se viu foi uma equipe muito satisfeita com a aplicação do método.

Analisando-se detalhadamente a situação da empresa, o que se verificava é que após a aplicação da metodologia MTM os tempos tornaram-se mais precisos, o que evitava os atrasos dos projetos muito antes do tempo planejado. Já em relação aos atrasos, o que ocorria é que esta empresa utilizava-se de recursos extras para evitar os atrasos tais como horas extras, alocação de funcionários de outras áreas para as áreas críticas, compra de peças que iriam, a princípio, ser produzidas dentro da própria empresa, uma vez que as multas por atrasos acarretariam em prejuízos maiores. Com a aplicação da metodologia MTM a utilização dos recursos extras diminuiu consideravelmente devido à maior precisão dos tempos de planejamento e com isso os custos finais eram reduzidos.

Ferramentarias são exemplos típicos de produções individuais ou pequenos lotes, porém outros exemplos típicos de empresas que utilizam a metodologia MTM para produções individuais/pequenos lotes são as empresas aeronáuticas e/ou empresas que produzem produtos personalizados, conforme se pode verificar em MTM (2006).

Um fator chave verificado para as análises MTM é a estruturação dos dados. Segundo os analistas com experiência em analisar atividades de produção individual / pequenos lotes, para este tipo de análise, a estruturação dos dados ganha importância ainda maior. Uma boa estruturação permite que as análises sejam reaproveitadas e aplicadas para todas as atividades necessárias, permitindo assim o planejamento mais rápido da realização de atividades únicas ou de baixa repetição. Outra vantagem da utilização da metodologia MTM para estes casos é permitir que um grau elevado de organização e padronização seja aplicado para atividades únicas.

4.10 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ESTUDOS DE CASO.

Neste capítulo apresentou-se inicialmente um resumo dos três estudos de caso analisados durante a execução deste trabalho. Na seqüência foram detalhadas as principais situações analisadas com a metodologia MTM buscando detalhar as principais situações de análises presenciadas.

CAPÍTULO 5

5 DISCUSSÕES FINAIS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 A APLICAÇÃO DE MTM EM DIFERENTES EMPRESAS E CULTURAS.

Com relação ao trabalho desenvolvido, a primeira observação a ser feita é que os códigos e tempos MTM são universais e garantidos pelo IMD (Diretório Internacional de MTM). A observação prática comprovou que os tempos que são válidos no Brasil também são válidos na Alemanha, e isto pode ser extrapolado para qualquer parte do mundo, o que pode ser comprovado através de contatos internacionais.

A codificação MTM ajuda bastante o entendimento dos processos por alguém que não domina o idioma em que as descrições são feitas. Alguém que conheça bem a codificação utilizada e possa visualizar o processo descrito pode ser capaz de entender até 100% das análises mesmo sem entender uma palavra das descrições feitas das atividades.

O autor desta dissertação pode verificar que de forma geral há uma maior aceitação da metodologia MTM na Alemanha. No Brasil pelas questões históricas apresentadas na introdução deste trabalho, a metodologia MTM é em geral desconhecida por grande parte das indústrias. Um dos fatos que pode ser usado como prova da maior aceitação da metodologia é o fato de que mesmo nas empresas que utilizam MTM no Brasil apenas poucas pessoas conhecem a metodologia enquanto que na Alemanha esta metodologia é em geral mais conhecida e aplicada.

5.2 MTM EM COMBINAÇÃO COM OUTRAS METODOLOGIAS.

Existem diversas metodologias que podem ser aplicadas em paralelo com a metodologia MTM, sendo que muitas delas puderam ser aplicadas na prática durante os estudos deste trabalho, como por exemplo, os *workshops kaizens* e a filosofia 5S. A principal conclusão a respeito deste tema é que a metodologia MTM não é concorrente com as demais ferramentas gerenciais, mas sim complementar. A cronoanálise, que muitas pessoas julgam ser concorrente com a metodologia MTM, é na verdade um bom exemplo de método que pode ser aplicado em conjunto com MTM conforme descrito a seguir.

5.2.1 MTM EM COMBINAÇÃO COM A CRONOANÁLISE

No Capítulo 4 foi apresentada uma comparação destas duas metodologias que se repetiu algumas vezes durante os estudos deste trabalho e mostra uma das possibilidades de combinação das duas metodologias, a validação dos tempos. Nestes casos, a cronoanálise serve como contraprova dos tempos avaliados como MTM e vice-versa. Outra grande possibilidade de combinação destas metodologias é a aplicação de MTM para atividades influenciáveis pelo homem e da cronoanálise para processos dependentes de tempos de máquina. Esta lógica pode também ser estendida para outros métodos de medição de tempos, tais como a amostragem e/ou estimativas de tempos, que podem ser utilizados, por exemplo, para avaliar os tempos que o operador necessita para ir ao banheiro, beber água, etc.

Sobretudo para situações de planejamento a metodologia MTM se mostrou muito vantajosa, sendo fortemente recomendada sua utilização como principal método a ser utilizado, porém recomenda-se para atividades de série a combinação de MTM com outros métodos de avaliação de tempo.

Uma crítica freqüente à metodologia MTM pelas pessoas envolvidas com análise de tempos nas indústrias é o tempo necessário para realização das análises, porém esta crença foi de certa forma desmistificada durante a execução deste trabalho. Uma vez estruturada as análises e o banco de dados dos tempos produtivos da empresa (atividade que nem sempre é realizada para a cronoanálise, porém fortemente recomendada, pois possibilita o reaproveitamento destes dados em situações futuras) verificou-se que a análise MTM pode, dependendo da situação, ser mais rápida do que a cronoanálise.

Por dia trabalhado, voltado apenas para as análises MTM, o autor dessa dissertação conseguiu analisar:

- Pouco mais de 30 segundos de atividades dos operadores por dia nas primeiras semanas de atuação, que é considerada uma velocidade baixa de análise, sobretudo pelo desconhecimento das tabelas utilizadas na empresa em questão;
- Aproximadamente 1 minuto de atividade dos operadores por dia, incluindo o balanceamento prático (aplicação prática dos resultados na linha de produção) nas semanas seguintes;
- 6 minutos de atividades dos operadores por dia após alguns meses de aplicação da metodologia. Este tempo pode ser considerado apropriado para análises de analistas MTM treinados, para os casos em que a estrutura de tempos da empresa já está pronta;

- 12 minutos de atividades dos operadores por dia em casos favoráveis após alguns meses de aplicação da metodologia.

Apenas como referência, comparando com uma cronoanálise que necessite medir 30 repetições das atividades, para se avaliar 12 minutos seriam necessários 360 minutos de medição direta, ou seja, 6 horas de trabalho, o que implica dizer que todas as análises tais como avaliação de ritmo, o descarte de medições com erros, etc. necessitariam ser realizadas em pouco mais de 2 horas para se ter um ritmo equivalente à metodologia MTM, isso sem considerar a estruturação dos dados para um reaproveitamento posterior.

Uma observação importante a ser feita é que estes tempos foram analisados para atividades seriadas, cujo tempo de ciclo era aproximadamente 1 minuto e o tempo de método era equivalente às tabelas SD / UAS. Diferentes aplicações requerem tempos diferentes de análise.

Outra observação é que os tempos apresentados aqui não estão considerando os processos burocráticos das empresas, exemplo a necessidade de reportar as análises para a alta gerencia ou coleta de assinaturas de diversos especialistas. Estes tempos mostraram-se muitas vezes superiores aos tempos de análise e devem ser previstos num planejamento de aplicação da MTM.

5.2.2 MTM EM COMBINAÇÃO COM A MANUFATURA ENXUTA

Da mesma forma que a Cronoanálise, a Manufatura Enxuta também pode ser combinada com a metodologia MTM, pois ambas possuem como objetivo a redução de custos através da eliminação de desperdícios, porém enquanto a Manufatura Enxuta trata do processo das empresas como um todo, a metodologia MTM foca os processos produtivos, com ênfase nas atividades humanas.

Um ponto diretamente tratado pela Manufatura Enxuta que foi aplicado na prática através da metodologia MTM é a classificação das atividades em atividades que agregam valor, atividades que não agregam valor, porém necessárias e desperdícios. Na prática pode-se verificar que cada empresa adota uma classificação segundo critérios próprios. Isso acontece, pois em cada tipo de produto e ramo de atividade a noção do cliente do que agrega valor ou não muda. Por exemplo, o transporte de materiais para uma empresa da linha branca é uma atividade que não agrega valor, já em uma empresa de logística esta atividade pode ser considerada como uma atividade que agrega valor.

Uma das empresas verificadas classificava as atividades em até 18 categorias diferentes, porém esta estratificação tão detalhada pode causar mais inconvenientes do que

benefícios para a empresa, pois torna difícil a correta conceituação das atividades, pois mesmo com conceitos bem definidos, existem atividades que podem não se encaixar dentro dos critérios ou se encaixar em mais de uma das classificações.

Outra empresa verificada classificava suas atividades da seguinte maneira:

- Atividades que agregam valor: Nas quais estavam consideradas todas as atividades indispensáveis e necessárias à montagem tais como aparafusar, fixar com cliques, encaixar componentes etc.;
- Atividades que não agregam valor, porém necessárias: Neste item a empresa subdividia as atividades em três categorias: (a) atividades improdutivas (porém necessárias) que estavam contidas diretamente na montagem tais como a movimentação, limpeza, leitura de cartões de código de produto, etc.; (b) atividades relevantes para qualidade que eram necessárias para evitar defeitos ou não-qualidade em seus produtos, tais como a aplicação de torques, medições e marcações; e (c) atividades logísticas: tais como a troca de recipiente de transporte, atividades de preparação, enchimento das caixas de abastecimento etc.

As atividades de desperdício não apareciam como uma alternativa de classificação, pois segundo a filosofia desta empresa (e também segundo a filosofia enxuta), todas as atividades que não se enquadrassem nas categorias acima deveriam ser eliminadas.

A metodologia MTM mostrou-se muito útil para a classificação e quantificação destas atividades. Utilizando MTM as empresas conseguiram verificar o tempo de cada tipo de atividade e com isso, utilizar uma base sólida para aplicação de melhorias.

5.2.3 MTM EM COMBINAÇÃO COM OUTRAS METODOLOGIAS

O Capítulo 2 mostrou exemplos de combinação da metodologia MTM com TPM. De uma maneira simplificada pode-se dizer que a TPM indica os “o quês” “quais” e “quandos”, enquanto que a MTM aponta os “comos” e “quanto tempos”. Em outras palavras, a TPM irá indicar o que deverá ser verificado, quais os itens que deverão ser verificados e a periodicidade destes acontecimentos enquanto que a metodologia MTM irá apontar o melhor método de como realizar estas atividades de manutenção e qual a duração de cada atividade. Da mesma forma, a metodologia MTM pode ser combinada com a TRF, combinação esta que foi apresentada no Capítulo 2.

Além destes métodos aqui descritos, a metodologia MTM foi combinada com outras metodologias durante a execução deste trabalho, e a seguir são realizados alguns breves comentários sobre algumas destas combinações.

A metodologia 5S foi sugerida em alguns postos de trabalho para aumentar os ganhos de produtividade após a aplicação da metodologia MTM. Alguns dos fatores que puderam indicar esta necessidade através da MTM foram: o tempo perdido devido à procura de peças ou ferramentas, dificuldade de movimentação, dificuldade de apanhar itens além das questões de diminuição e organização de estoques e melhoria do ambiente de trabalho.

Durante as aplicações de MTM, os fatores ergonômicos foram sempre considerados. Em essência a metodologia MTM considera os fatores ergonômicos em sua definição de tempos padrão, porém ao se analisar detalhadamente as atividades dos operadores, podem-se reconhecer os aspectos ergonômicos e com isso melhorá-los. Esta combinação permitiu melhorar da produtividade ao mesmo tempo em que se diminuía os custos de lesões ergonômicas. Outro aspecto relevante da combinação da MTM com a Ergonomia é o impacto positivo no psicológico dos operadores diretos da linha de produção, que facilitava, por exemplo, a comunicação com os analistas MTM.

Já em se tratando de melhoria contínua, a metodologia MTM tem se mostrado uma excelente fonte de informações e dados para a execução dos *workshops kaizens* de chão de fábrica, pois ela serve para descrever o estado inicial do processo, apontar atividades que não agregam valor e desperdícios que estão ocorrendo, mensurar possíveis alternativas de melhoria, planejar alterações quantificar ganhos, entre outros.

Da mesma forma, a metodologia MTM se relaciona com padronização e o ciclo PDCA. A metodologia MTM neste caso funcionaria como um padrão que estabelece o estado atual, servindo como apoio para que as medidas a serem implementadas fluam na direção correta além de permitir a quantificação de propostas de melhorias.

Focando o PDCA, pode-se dizer que a MTM pode ser utilizada na fase de planejamento (*Plan*), uma vez que se pode mensurar o tempo das atividades planejadas, na fase de execução (*Do*) serve de treinamento e base para que as atividades sejam executadas corretamente além de permitirem o controle (*Check*) das atividades e servirem para agir (*Act*) na correção e/ou melhoria dos padrões existentes.

Outra ferramenta que combinado com a MTM teve suas ações potencializadas foi o *Benchmarking*, sobretudo pela facilidade que a metodologia MTM apresenta de quantificar as atividades e estabelecimento de bases para comparação. Durante a execução deste trabalho foram verificados casos de *Benchmarking* interno, porém com grande potencial para aplicação também em *Benchmarking* externo.

Outras ferramentas que também foram combinadas com MTM durante a execução deste trabalho, com resultados satisfatórios, foram: CEP – Controle Estatístico do Processo, gráficos, metodologias de análise e soluções de problemas etc.

5.3 MELHORIAS ALCANÇADAS COM A METODOLOGIA MTM.

Por necessitar registrar os dados e atividades a serem analisados com a metodologia MTM, esta metodologia permite a aplicação das melhores práticas através do *Benchmarking* de diferentes postos de trabalho, soluções adotadas e das lições aprendidas de estudos anteriores. Ao comparar postos de trabalho e as soluções aplicadas em diferentes locais, pode-se filtrar as melhores técnicas, aplicações conhecidas e adaptá-las conforme a necessidade para os processos que estiverem sendo analisados.

Durante a realização deste estudo, diversas melhorias foram aplicadas nos postos de trabalho. A melhoria mais aplicada foi a redistribuição das atividades devido ao balanceamento da linha de produção. Outras melhorias que podem ser citadas foram: (a) aplicação da metodologia 5S em locais sem um nível adequado de organização; (b) diminuição de deslocamentos e movimentação através de alteração de leiaute e/ou treinamento dos operadores; e (c) simplificação de acionamentos (ex. eliminação de acionamentos redundantes, unificação de travas, etc.);

Um fato a ser ressaltado e que ocorreu nos três casos analisados, foi a utilização dos tempos e análises MTM para permitir discussões objetivas entre operadores diretos, sindicato e planejadores das atividades, sobretudo ao implantar melhorias que implicam na redução de mão-de-obra e/ou redistribuição de atividades.

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Analisando-se de maneira isolada, a metodologia MTM pode ser considerada apenas como uma tabela de tempos, e como tal não aumenta a produtividade. Porém, a necessidade de detalhamento das tarefas em seu processo de análise faz com que pequenos desperdícios, que passam despercebidos por outros processos de melhoria, sejam identificados e, com isso, gera-se uma base sólida para que melhorias sejam implantadas. A necessidade de detalhamento das tarefas traz consigo o ônus do esforço requerido para a realização das análises, que foi minimizado com os desenvolvimentos atuais desta metodologia, na qual tabelas de tempos foram desenvolvidas para diferentes níveis de métodos.

A conclusão que se chega após a realização deste trabalho é que a metodologia MTM é uma ferramenta útil para o planejamento e organização dos métodos de trabalhos dos operadores, e que combinada com outros métodos aplicados pelas empresas pode gerar ganhos significativos de produtividade.

Por fim, algumas das constatações que podem ser acrescentadas são:

- Os trabalhadores não devem trabalhar mais horas, mas sim de maneira eficiente, ou seja, a metodologia MTM não pretende reduzir o tempo que o operador dispõe para realização de determinada atividade, mas sim eliminar os movimentos desnecessários que consomem tempo;
- Os principais fatores críticos do sucesso na implantação da metodologia MTM verificados são: política da empresa, apoiada pela alta direção, estruturação dos dados e treinamento dos operadores;

5.5 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.

Este trabalho procura responder às questões apresentadas pelo objetivo do mesmo, porém não esgotam o assunto. Neste sentido, pode-se sugerir outros temas que complementam os resultados obtidos até o momento, entre os quais:

- Realizar estudo comparativo entre MTM e outros métodos de tempos pré-determinados;
- Pesquisar e analisar alternativas de aplicação da metodologia MTM não apresentadas por este trabalho;
- Desenvolver método de tempos pré-determinados para atividades mentais;
- Analisar a combinação de softwares de simulação com a metodologia MTM;
- Analisar a combinação de outras ferramentas (exemplo, pesquisa operacional) com a metodologia MTM;
- Estudar impactos psicológicos da implantação de metodologias de tempos pré-determinados em diferentes culturas;
- Verificar e estudar o aumento de produtividade com outras metodologias de tempos pré-determinados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [ABNT 2002] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 19011** - diretrizes para auditorias de sistema de gestão da qualidade e/ ou ambiental. Rio de Janeiro, 2002.
- [ARAÚJO 2004] ARAÚJO, Márcio Silva Viana. **Auditoria como uma ferramenta para atingir a melhoria contínua em construtoras**. Florianópolis: UFSC, 2004.
- [BENEVIDES 1999] BENEVIDES FILHO, Sérgio Armando. **A Polivalência como Ferramenta para a Produtividade**. Florianópolis: UFSC, 1999.
- [BIASOTTO 2006] BIASOTTO, Eduardo. **Aplicação do BSC na gestão da TPM** – estudo de caso em indústria de processo. Florianópolis: UFSC, 2006.
- [BORBA *et al* 2000] BORBA, Mirna de; SAMOHYL, Robert Wayne; SCHMITT, João Francisco. **Utilização das ferramentas de tempos e métodos nas grandes e médias empresas do norte do estado e do vale de Itajaí**. São Paulo: XX ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2000.
- [BRITZKE *et al* 1989] BRITZKE, Bernd; KLUEGLICH, Udo; STORM, Paul. **Rationalisierung manueller Arbeitsprozesse**. Handbuch fuer Ingenieure. Dresden: Zentrales Forschungsinstitut fuer Arbeit beim Staatssekretariat fuer Arbeit und Loehne, 1989.
- [CAKMAKCI e KARASU 2006] CAKMAKCI, Mehmet; KARASU, Mahmut Kemal. **Set-up time reduction process and integrated predetermined time system MTM-UAS: A study of application in a large size company of automobile industry**. Londres: International journal of advanced manufacturing technology, 2006.
- [CAMPOS 1995] CAMPOS, Vicente Falconi. **O valor dos recursos humanos na era do conhecimento**. Belo Horizonte: Editora de desenvolvimento Gerencial, 1995.
- [COSTA 2007] COSTA, Ricardo Dalla. **Modelos produtivos industriais com ênfase no Fordismo e Toyotismo: o caso das montadoras paranaenses**. Disponível em: <<http://www.feati.com.br/revista/artigos/Modelo%20Produtivos%20Industriais.pdf>>. Acesso em: 26 de agosto de 2007.
- [DAVIS *et al* 2001] DAVIS, Mark; AQUILANO, Nicholas; CHASE Richard, **Fundamentos da Administração da Produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- [DELMIA 2007] Delmia. **Delmia**. Disponível em: <<http://www.delmia.com/>>. Acesso em: 01 de abril de 07.

- [DOGRAMACI 1981] DOGRAMACI, Ali. **Productivity analysis: a range of perspectives**. Boston: Martinus Nijhoff, c1981. 177p.
- [DRUCKER 1974] DRUCKER, Peter Ferdinand. **Management: tasks, responsibilities, practices**. London: Heinemann, 1974.
- [DRUCKER 1999] _____. **Desafios gerenciais para o século XXI**. São Paulo: Pioneira, 1999.
- [FERREIRA 1998] FERREIRA, João Carlos E., **Apostila de Sistemas Integrados de Manufatura (S.I.M)**. Engenharia Mecânica – UFSC – 1998. Florianópolis – SC.
- [FONSECA 2006] FONSECA, Ricardo. **O Sistema DaimlerChrysler de Produção e aplicação de tempos e métodos na produção de motores**. São Paulo: Workshop MTM, 2006. 39 slides, color.
- [FUENTES 2006] FUENTES, Fernando Félix Espinosa. **Metodologia para inovação da gestão de manutenção industrial**. Florianópolis: UFSC, 2006.
- [GRIMA 2006] GRIMA. **GRIMA**. Grupo de Integração da Manufatura. Disponível em: < <http://www.grima.ufsc.br/>>. Acesso em: 02 de outubro de 06.
- [JASKER 2006] JASKER, Knuth. **O sistema MTM na busca da excelência dos negócios**. São Paulo: Workshop MTM, 2006. 64 slides, color.
- [KENDRICK 1977] KENDRICK, J.W: **Understanding productivity: an introduction to the dynamics of productivity change**. Johns Hopkins University Press, 1977.
- [LEAN INSTITUTE BRASIL 2007] LEAN INSTITUTE BRASIL: **Lean Institute Brasil**. Disponível em: < <http://www.lean.org.br/>>. Acesso em: 09 de julho de 2007.
- [MAYNARD 2001] MAYNARD, Harold Bright. **Maynard's Industrial Engineering Handbook**. McGraw-Hill Professional; 5ª edição, 2001.
- [MOREIRA 1991] MOREIRA, Daniel Augusto. **Medida da produtividade na empresa moderna**. São Paulo: Ed. Pioneira, 1991.
- [MTM 2005a] MTM. **Apostila do Método Básico MTM**: Associação MTM do Brasil: São Paulo, revisão 2005.
- [MTM 2005b] MTM. **Apostila de MTM – Controle Visual**: Associação MTM do Brasil: São Paulo, revisão 2005.
- [MTM 2006] _____. **Mtm**. evitar custos ao invés de reduzi-los . Disponível em: < <http://www.mtmdobrasil.com/>>. Acesso em: 05 de abril de 06.
- [MTM ASSOCIATION 2007] MTM Association for Standards and Research. **MTM**, Association. Disponível em: <<http://www.mtm.org/>>. Acesso em: 01 de abril de 07.

- [NOVASKI e SUGAI 2001] NOVASKI, Olívio; SUGAI, Miguel. **MTM como ferramenta para redução de custos**. O Taylorismo aplicado com sucesso nas empresas de hoje. Campinas: UNICAMP, 2001.
- [PINHO *et al* 2005] PINHO, Alexandre Ferreira de; LEAL, Fabiano; ALMEIDA, Dagoberto Alves de. **Utilização de Bloquinhos de Montagem LEGO® para o Ensino dos Conceitos do Sistema Toyota de Produção**. Porto Alegre: XXV ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2005.
- [PRIEMER 2002] PRIEMER, Walter. **MTM in Brasilien**. MTMaktuell. Hamburg, 2/2002, p. 17-19, 2002. ISBN: 1439-6297
- [RAGO e MOREIRA 1984] RAGO, Luzia Margareth; MOREIRA, Eduardo F. P.. **O que é Taylorismo**: São Paulo: Ed. Brasiliense, 1984.
- [ROCHA 2005] ROCHA, Duílio Reis da. **Balanceamento de linha – um enfoque simplificado**. Revista de Administração e Contabilidade Faculdade 7 de Setembro, Vol. 2 n° 01, 2005. Disponível em:
<<http://www.fa7.edu.br/rea7/artigos/volume2/artigos/read3.doc>>. Acesso em: 12 de maio de 2007.
- [SCHAPPO 2006] SCHAPPO, Adriano José. **Um método utilizando simulação discreta e projeto experimental para avaliar o fluxo na manufatura enxuta**. Florianópolis: UFSC, 2006.
- [SCHOSNIG 2006] SCHOSNIG, Rainer. **MTM e total productive maintenance-TPM combinados para um sistema de manutenção eficaz**. São Paulo: Workshop MTM, 2006. 64 slides, color.
- [SEBRAE 2006] SEBRAE. **Produtividade**. Disponível em:
<<http://www.sebrae.com.br/br/parasuaempresa/produtividade.asp>>. Acesso em: 14 de março de 2006.
- [SHINGO 1996a] SHINGO, Shigeo. **O sistema Toyota de Produção** do ponto de vista da engenharia de produção: Porto Alegre: Bookman, 1996.
- [SHINGO 1996b] SHINGO, Shigeo. **Sistemas de Produção com Estoque Zero: O Sistema Shingo para Melhorias Contínuas**: Porto Alegre: Bookman, 1996.
- [SILVA *et al* 2003] SILVA, C. E. S. ; MORAES, R. F. ; TURRIONI, João Batista . **Filosofia Kaizen aplicada em uma indústria automobilística**. In: X Simpep, 2003, Bauru. X Simpep - Simpósio de Engenharia de produção. Bauru: UNESP Bauru, 2003.
- [SILVA e MENEZES 2005] SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4ª e. Florianópolis: UFSC, 2005.138p.

- [SLACK 1993] SLACK, Nigel. **Vantagem competitiva em manufatura**. Atingindo competitividade nas operações industriais. São Paulo: editora Atlas S.A., 1993.
- [SLACK *et al* 1999] SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; HARLAND, Christine; HARRISON, Alan; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. Edição Compacta. São Paulo: editora Atlas S.A., 1999.
- [SOUZA 2001] SOUZA, José Carlos. **Manutenção produtiva total na indústria extrativa mineral: a metodologia TPM como suporte de mudanças**. Florianópolis: UFSC, 2001.
- [SUGAI 2003] SUGAI, Miguel. **Avaliação do uso do MTM (Methods-Time Measurement) em uma empresa de metal-mecânica**. Campinas-SP: Universidade Estadual de Campinas, 2003
- [SWANN 1973] SWANN, Ken. **Techniques for production efficiency**. London: MacMillan, 1973. 192p
- [TARDIN e LIMA 2000] TARDIN, Gustavo Guimarães; LIMA, Paulo Corrêa Lima. **O papel de um quadro de nivelamento de produção na produção puxada: um estudo de caso**. São Paulo: XX ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2000.
- [TBM 2007] TBM CONSULTING GROUP. **Lean Sigma Manufacturas TBM Consulting Group: Gerando melhoria rápida e sustentável de negócios**. Disponível em: <<http://www.tbmcg.com>>. Acesso em: 16 de junho de 2007.
- [TEIXEIRA 1977] TEIXEIRA, Gabriel do Nascimento. **Manual de produtividade Industrial**. Rio de Janeiro: Confederação Nacional da Indústria, 1977.
- [TUBINO 2000] TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Ed. Atlas, 2000.
- [WOMACK e JONES 1998] WOMACK, James P; JONES, Daniel T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 3. ed Rio de Janeiro: Campus, 1998. 427p.
- [WOMACK e JONES 2006] _____. **Soluções Enxutas: Como empresas e clientes conseguem juntos criar valor e riqueza**. Rio de Janeiro: Campus, 2006. 291p.
- [WOMACK *et al* 1992] WOMACK, James P; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo**. Tradução de Korytovski, Ivo. Rio de Janeiro: Campus, c1992..
- [WOOD JR. 1992] WOOD JR., Thomaz. **Fordismo, Toyotismo e Volvismo: Os caminhos da indústria em busca do tempo perdido**. São Paulo: Revista de Administração de Empresas, Setembro / Outubro de 1992
- [WYREBSKI 1997] WYREBSKI, Jerzy. **Manutenção produtiva total – um modelo adaptado**. Florianópolis: UFSC, 1997.

ANEXO A - Principais atividades de melhorias a serem implementadas. Adaptado de BRITZKE *et al* (1989)

Nr.	Critério de verificação para avaliação das análises	Indicações a partir das análises	Requisitos de racionalização	Princípio racionalização	Medidas de racionalização / exemplos
1.	<u>Práticas de racionalização</u>				
1.1	Contribuição da execução do trabalho para alcançar os objetivos tecnológicos (progresso de trabalho)	<ul style="list-style-type: none"> - Partes improdutivas das tarefas (ações, seqüências de ações...), Ex. transportar, procurar, separar, retirar, desmontar. - Variações de apanhar (agarrar) - Procedimento de fixar/posicionar 	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar partes improdutivas - Aumentar a proporção de atividades produtivas - Ordenação dos locais de apanhar (agarrar) de acordo com o método adotado. - Parar/fixar unidades de montagem através de fechamento por força ou forma - Apoio de meios auxiliares através de locais ordenados fixos e/ou através da utilização de balancins 	Reduzir Compactar	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar fatores causadores de distúrbio. Ex. Falhas de qualidade. - Equiparar os tempos e espaços de tarefas de mesmo nível tecnológico. - Guia de apoio para as unidades de montagem - Meio auxiliar em local estacionário e/ou ordenado com balancim na área de apanhar.
1.2	Sobrepor atividades manuais com procedimentos tecnológicos	- Execução repete/muda temporariamente	<ul style="list-style-type: none"> - Criar condições para execução simultânea. - Observar segurança 		<ul style="list-style-type: none"> - Operar múltiplas máquinas, operar equipamentos múltiplos. - Optar por seqüências automáticas para os procedimentos tecnológicos.
1.3	Repetição cíclica de parte da atividade	- Entrada na coluna de freqüência.	- Mecanizar ou automatizar operação	Substituir	- Inserir meio de racionalização ex. parafusadeira múltipla.
1.4	Execução de trabalho simétrico / trabalho com ambas as mãos	- Procedimento de apanhar (agarrar)	<ul style="list-style-type: none"> - reduzir a carga de trabalho de apanhar estático. - aumentar contribuição para o progresso do trabalho - simplificar condições de execução (esforço de controle) 	Compactar Simplificar	<ul style="list-style-type: none"> - Inserir guias para apanhar - Execuções múltiplas - Simplificar locais de inserção e condições para apanhar.
1.5	Riscos de ferimentos	- Descrição	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar locais perigosos. - Evitar movimentações em locais perigosos (cantos, quinas, pontas). 	Substituir	<ul style="list-style-type: none"> - Modificações de projeto. - Modificações do procedimento. - Mecanização / Automação.



















Nr.	Critério de verificação para avaliação das análises	Indicações a partir das análises	Requisitos de racionalização	Princípio racionalização	Medidas de racionalização / exemplos
1.	<u>Práticas de racionalização</u>				
1.6	Comprimento e/ou distância do movimento entre o local de trabalho e o local de deposição	<ul style="list-style-type: none"> - Passo - Auxílio de corpo - Comprimento da movimentação maior que os movimentos tabelados - Movimento de corpo 	<ul style="list-style-type: none"> - Reordenar o posto de trabalho, eliminar dificuldades. - Ordenar local de trabalho dentro da área de alcance. - Observar comprimentos - Evitar mudanças freqüentes das atividades - Procurar manter os locais de manuseio constantes - Ordenar os locais de manuseio no campo de visão 	Ordenar	<ul style="list-style-type: none"> - Alterar as seqüências de trabalho, reduzir os caminhos improdutivos. - Manter medidas das distancias e movimentos. - Ordenar os locais de manuseio de acordo com o melhor método. - Ordenar os locais de manuseio no campo de visão.
1.7	Esforço de controle	<ul style="list-style-type: none"> - Parâmetros de controle para inserir - Medida da unidade de controle para transportar - Variação de apanhar (agarrar) 	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar dificuldades. - Melhorar acessos. - Evitar escolha. - Diminuir a precisão do alvo. - Melhorar o modo de apanhar. 	Substituir	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar dificuldades através de medidas de projeto e/ou pela seqüência de trabalho. - Separar peças - Diminuir a precisão através do aumento do local de inserção ou através de guias. - Posicionar os pontos de encaixe preciso dentro do campo de visão.
1.8	Resistência do trabalho - Transporte de massas - Acionar elementos de controle	<ul style="list-style-type: none"> - Parâmetros da resistência de trabalho para o transporte 	<ul style="list-style-type: none"> - Facilitar e/ou eliminar o transporte manual - Utilizar a gravidade - Reduzir e/ou eliminar a força de controle manual através da redução de massa ou ação de mola. - Verificar tempos adicionais sugeridos pelas normas para mulheres e jovens - Substituir o carregamento de grandes massas por empurrar e/ou puxar - Transportar cargas pesadas com o auxílio da força da gravidade. 	Facilitar Substituir	<ul style="list-style-type: none"> - Introduzir meio de transporte - Mecanização e/ou automatização - Facilitar o manuseio através de propulsão pneumática, hidráulica e ou elétrica.
1.9	Reduzir a proporção de atividades não planejadas	<ul style="list-style-type: none"> - Normalmente tratadas como execuções de trabalho auxiliar 	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar as causas (ex. falhas de qualidade) 		<ul style="list-style-type: none"> - Garantia da qualidade. - Garantir suprimento e disposição dos suprimentos
1.10	Sincronização de sucessivas etapas de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> - Tempos corretos para a execução do trabalho e das etapas de trabalho 	<ul style="list-style-type: none"> - Balanceamento - Evitar perdas por falhas de sincronização 	Ajustar	<ul style="list-style-type: none"> - Ajustar a capacidade através das restrições das etapas de trabalho ou estoques intermediários

Nr.	Critério de verificação para avaliação das análises	Indicações a partir das análises	Requisitos de racionalização	Princípio racionalização	Medidas de racionalização / exemplos
2.	<u>Disposição adequada da montagem do produto</u>				
2.1	Número de peças a serem montadas	- Número de peças/ conjuntos a serem inseridos	- Simplificar o projeto. - Reduzir o número de peças	Simplificar	- Integração de funções (agregar funções em uma única peça)
2.2	Nível de dificuldade dos locais de inserção / conexões	- Parâmetros de influência: precisão de encaixe, dificuldade, geometria do local de inserção. - Repetidas inserções, uma após a outra em uma peça.	- Inserir elementos de conexão uniformes e racionalizados. - Adicionar folga nas regiões de encaixe através de: -aumentar o diâmetro interno e/ou diminuir o diâmetro externo. -inserir um chãmfro -aumentar os pontos de inserção - Reduzir a dificuldade através de: -assegurar a liberdade de movimento no local de inserção -distância curta entre o local de pegar e o local de inserir -permitir que outras organizações de encaixe sejam possibilitadas. - Evitar situações de risco (cantos, pontas, quinas) - Inserir através de transporte ao invés de por impacto. - Local de inserção organizado dentro da área de controle visual - Utilizar direção de inserção de cima para baixo para utilizar a gravidade.	Padronizar Simplificar Substituir	- Substituir parafusos por encaixes e solda por conexões de encaixe.
2.3	Ajustagem	- Normalmente codificada como atividade técnica	- Evitar ajustagem	Simplificar	- Ordenar os elementos de compensação e/ou controle através da cadeia de medição.

Nr.	Critério de verificação para avaliação das análises	Indicações a partir das análises	Requisitos de racionalização	Princípio racionalização	Medidas de racionalização / exemplos
3.	<u>Adequação dos equipamentos de trabalho</u>				
3.1	Garantir um nível de ordenação	- parâmetros de influência do esforço de controle para posicionar	<ul style="list-style-type: none"> - Ordenação constante dos locais de manuseio - Evitar necessidade de busca / procura - Ordenar as ações de alto nível de controle próximas ao nível médio. - Manter o nível de ordenação de projeto por todo o processo. 	Ordenação	<ul style="list-style-type: none"> - Guias para posicionar os meios auxiliares. - Guias para a inserção de peças.
3.2	Armazenamento apropriado para peças a serem manuseadas	- Variações de apanhar (agarrar)	<ul style="list-style-type: none"> - Melhorar os dispositivos para pegar: - Observar as exigências do local de pegar (contato). - bom acesso. - local de pega (contato) em lado oposto. - local de pega em local difícil, especialmente para peças pesadas. - estável, sem riscos de ferimento, mau condutor de calor, quimicamente neutro e isolado eletricamente. - Garantir um acesso livre do local de pega (contato) maior que 12 mm - Peças pequenas e chatas em contenedores que facilitem a pega (o contato). 	Simplificar	<ul style="list-style-type: none"> - Caixas apropriadas para facilitar a pega (o contato) - Espuma para facilitar a pega (contato) de peças chatas
3.3	Separação de peças	- Variações de apanhar	<ul style="list-style-type: none"> - Isolar mecanismos - Evitar pendurar peças - Através da separação, facilitar o modo de pega. - Ordenar e organizar as peças 	Simplificar Substituir	<ul style="list-style-type: none"> - Magazine - Alimentador vibratório - Grelha vibratória
3.4	Abastecimento de peças	- Depositar, apanhar e transportar em quantidades proporcionalmente maiores.	- Aumentar a proporção de inserções/ montagens produtivas.	Substituir	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentação mecanizada através de alimentador vibratório ou ar comprimido - Alimentação mecanizada no local de apanhar no posto de trabalho

Nr.	Critério de verificação para avaliação das análises	Indicações a partir das análises	Requisitos de racionalização	Princípio racionalização	Medidas de racionalização / exemplos
4.	<u>Adequação do meio auxiliar para a racionalização e segurança da execução</u>				
4.1	Esforço para manuseio	- Seguir o mesmo ciclo, valor da coluna de frequência.	- Reduzir o esforço manual - Ligar e desligar automático do mecanismo	Substituir Facilitar	- Meio auxiliar com acionamento elétrico, pneumático ou hidráulico. - Utilizar interruptor de fim de curso - Ferramentas múltiplas (ex. parafusadeira múltipla)
4.2	Riscos	- Complicações	- Garantir a proteção do trabalho	Simplificar Substituir	- Guias de proteção - Equipamentos de proteção individual – EPI - Utilizar novas tecnologias.

ANEXO B - *Therbligs*. Fonte: Maynard (2001)

<i>Therbligs</i>					
Símbolo	Nome	Cor	Símbolo	Nome	Cor
	Procurar	Preto		Inspeccionar	Ocre Queimado
	Encontrar	Cinza		Pré-posicionar	Azul Celeste
	Seleccionar	Cinza Claro		Soltar Carga	Vermelho Encarnado
	Agarrar	Carmesim		Transporte Vazio	Verde Oliva
	Transporte Carregado	Verde		Segurar	Ouro Ocre
	Posicionar	Azul		Descanso p/ recuperação	Laranja
	Montar	Roxo		Demora inevitável	Amarelo Ocre
	Usar	Púrpura		Demora evitável	Amarelo Limão
	Desmontar	Violeta		Planejar	Marrom

**ANEXO C - Histórico dos tempos pré-determinados. Adaptado de Maynard (2001),
SUGAI (2003) e MTM (2005a)**

Período	Etapa de Desenvolvimento
1760	O francês, M. Perronet é mencionado por seus estudos sobre a fabricação de alfinetes e ocorre o primeiro registro de uma tentativa organizada de estudar métodos de trabalho.
1830	Charles Babbage faz determinações de tempo semelhantes, também relacionadas com a fabricação de alfinetes.
1883	F. W. Taylor contribui com uma nova abordagem para o assunto ao subdividir uma tarefa em operações elementares. A ele é devida a primeira determinação analítica de métodos de trabalho assim como a expressão estudo de tempos.
1911	Charles E. Bedaux faz experiências no sentido de encontrar uma unidade comum para medir todo trabalho físico do homem, unidade conhecida como unidade Bedaux de medida de trabalho ou simplesmente "B".
1912	Frank B. Gilbreth e Dra. Lillian M. Gilbreth apresentam à American Society of Mechanical Engineers (ASME) um aprimoramento da técnica original de estudos de movimentos que denominaram de estudos de micro movimentos.
Anos 20	- Informações referentes ao MTA (<i>Motion Time Analysis</i>) publicados em 1924, por A. B. Segur. - Rudolf Thun (Berlim) publica "Sugestões para o desenvolvimento de um sistema de tempos pré-determinados".
1930	Allan H. Mogensen define a simplificação do trabalho como sendo a aplicação organizada do senso comum, na procura de maneiras melhores e mais fáceis de executar todo e qualquer trabalho, desde eliminação de movimentos desnecessários em pequenas operações manuais até a completa reformulação do arranjo físico da fábrica.
Anos 30, 40 e 50	Início do desenvolvimento, publicações e primeiras aplicações sobre: - WF (<i>Work Factor</i>). Primeira publicação: " <i>Motion and Time Standards</i> " por J. H. Quick, W. J. Shea e R. E. Koehler, no <i>Factory Management and Maintenance</i> Vol. 103, n. 5 em 1938. - MTM (<i>Methods Time Measurement</i>). Primeira publicação: "Methods-Time Measurement" por H. B. Maynard, G. J. Stegemerten e J. L. Schwab. McGraw-Hill Book Co., Nova Iorque em 1948. - MTS (<i>Motion Time Survey</i>) - BMT (<i>Basic Motion Time</i>). Manuais publicados por J. D. Wods & Gordon Ltda, Toronto Canadá em 1950, tendo sido desenvolvido por Ralph Presgrave, G. B. Bailey e J. A. Lowden. - DMT (<i>Dimensional Motion Time</i>)
Anos 60	Publicações e início do desenvolvimento dos dados de: - MTM-SD (<i>Standard-Daten</i>) - MTM-2 - MTM-3
Anos 70	Publicações e início do desenvolvimento dos dados de: - MTM-BSD (<i>Büro-Sachbearbeiter-Daten</i>) - MTM-UAS (<i>Universelles Analysier-System</i>) - MTM-MEK (MTM <i>für die Einzel- und Kleinserienfertigung</i> – MTM para produção individual e em pequenas séries)
Anos 80	Publicações sobre os módulos específicos de UAS e MEK
Anos 90	Publicações sobre: - PROKON (Engenharia de produto adequada à produção) - MTM Controle visual

ANEXO D - Nível de Método, segundo Maynard. Fonte: Maynard (2001)

Repetitividade da tarefa ou classe de trabalho	Atenção humana	Vida da tarefa, [meses]	Tipo de estudo indicado
Alta	Alta	Superior de 12	1
		6 a 12	1 ou 2
		Inferior a 6	2 ou 3
	Média	Superior de 12	1 ou 2
		6 a 12	2 ou 3
		Inferior a 6	3
	Baixa	Superior de 12	2
		6 a 12	2 ou 3
		Inferior a 6	3
Média	Alta	Superior de 12	2
		6 a 12	2 ou 3
		Inferior a 6	3
	Média	Superior de 12	2 ou 3
		6 a 12	3
		Inferior a 6	3 ou 4
	Baixa	Superior de 12	3 ou 5
		6 a 12	3, 5 ou 6
		Inferior a 6	6
Baixa	Alta	Superior de 12	3 ou 4
		6 a 12	3, 4 ou 5
		Inferior a 6	3 ou 5
	Média	Superior de 12	3, 4 ou 5
		6 a 12	3 ou 5
		Inferior a 6	3, 5 ou 6
	Baixa	Superior de 12	3 ou 5
		6 a 12	3, 5 ou 6
		Inferior a 6	6
Mínima	Alta	Inferior a 6	5
	Média	Inferior a 6	5 ou 6
	Baixa	Inferior a 6	6

ANEXO E - Nível de Método, segundo MTM. Adaptado de: MTM (2005a)

Organização do Trabalho	Informações do pedido	Elementos de movimentos	Seqüências de movimentos	Passos de trabalho	Ordem de fabricação	Fabricação completa
	Produtibilidade	Seqüência operacional de ciclos curtos	Seqüência operacional de ciclos longos	Local de trabalho com poucas variações	Local de trabalho múltiplo	Área especializada
	Organização do material	Princípio trazer	Princípio trazer	Princípio de buscar com disponibilização	Princípio de buscar	Princípio de localizar
	Local de Trabalho	Configurado detalhadamente somente para uma seqüência operacional	Configurado detalhadamente para variantes	Local de trabalho padrão	Local de trabalho universal	Configurado livremente
	Tolerâncias c/ relação às distâncias	$\leq \pm 2,5\text{cm}$	$\leq \pm 7,5\text{cm}$	$> \pm 7,5\text{cm}$	$> \pm 7,5\text{cm}$	$> \pm 7,5\text{cm}$
Situação dos pedidos		Nível de Método				
Tipo de Fabricação	Frequência de repetição de ordens semelhantes por mês X Quantidade média de peças por lotes					
Massa e/ou séries	> 200	MTM-1	SDB	UAS		
Série pequena ou individual	≤ 200				MEK	

**ANEXO F - Descrições e exemplos de Nível de Método, segundo MTM. Adaptado de
MTM (2005a)**

Nível de dados	Objetivo	Objeto de Trabalho	Meios Operacionais (máquinas, dispositivos, ferramentas e meios auxiliares)
1 – Movimento básico	Um movimento básico (único) sem a possibilidade de subdividi-lo mais uma vez	A – Pegar, mover, posicionar, etc. um objeto. B – Pegar um parafuso.	A – Pegar, mover, posicionar, etc. Um meio auxiliar. B – Pegar o martelo
2 – Seqüência de movimentos	Uma seqüência de movimentos básicos	A – Apanhar um objeto ou coloca-lo no lugar B – Apanhar um parafuso	A – Apanhar uma vez um meio auxiliar, ou então coloca-lo no lugar. B – Apanhar o martelo
	Execução simultânea de movimentos básicos	A – Apanhar vários objetos simultaneamente e coloca-los no lugar B – Apanhar parafuso e arruela simultaneamente	A – Apanhar simultaneamente vários meios auxiliares, ou coloca-los no lugar. B – Apanhar o martelo + formão simultaneamente
		A – Manusear simultaneamente o objeto e meio auxiliar B – Apanhar martelo e prego simultaneamente	
3 – Operação básica	Um manuseio ou então uma aplicação (procedimento único)	A – Manusear uma vez um objeto B – Apanhar o parafuso e alinha-lo	A – Manusear ou usar uma vez um meio auxiliar B – Apanhar o martelo, alinhar e guardar.
	Um manuseio ou aplicação simultâneo	A – Manusear simultaneamente vários objetos B – Apanhar simultaneamente parafuso e arruela e encaixar arruela no parafuso	A – Manusear ou aplicar, simultaneamente, vários meios auxiliares. B – apanhar simultaneamente martelo e formão, alinhar em seqüência, guardar.
		A – Manusear simultaneamente o objeto e meio auxiliar B – Apanhar martelo e prego simultaneamente e alinhar o prego, guardar o martelo.	
4 – Passo da operação básica	Um manuseio e aplicação	A – Manusear um objeto diversas vezes de maneiras diferentes B – Apanhar o parafuso, alinhá-lo, procurar o local de entrada do filete, parafusar executando dois giros.	A – Manusear e usar uma vez um meio auxiliar B – Apanhar a ferramenta, executar a tarefa e guardar a ferramenta.
	Um manuseio e aplicação simultâneos	A – Manusear em seqüência vários objetos B – Apanhar simultaneamente parafuso e arruela, encaixar arruela sobre parafuso, alinhar, procurar a entrada do filete, parafusar executando dois giros.	A – Manusear e aplicar, simultaneamente, vários meios auxiliares. B – Apanhar simultaneamente martelo e formão, alinhar em seqüência, executar a tarefa e guardar simultaneamente.
		A – Manusear e aplicar simultaneamente o objeto e meio auxiliar B – Apanhar martelo e prego simultaneamente, alinhar o prego, alinhar o martelo, pregar o prego, depor o martelo.	

A – Descrição

B – Exemplo

Nível de dados	Objetivo	Objeto de Trabalho	Meios Operacionais (máquinas, dispositivos, ferramentas e meios auxiliares)
5 - Seqüência de operações	Seqüência de operações de manuseio e de aplicação executados no processamento de um objeto	A – Manuseio de vários objetos, em seqüência, com a finalidade de executar sua montagem. B – Montar a tampa da carcaça com seis parafusos e uma vedação	<p>A - Manuseio de um meio auxiliar para tratamento de vários objetos em seqüência. B – Parafusar 6 parafusos e aperta-los usando uma chave de boca</p> <p>A - Manuseio simultâneo de vários meios auxiliares para processamento de vários objetos em seqüência. B – Executar seis uniões com rebites utilizando martelo e embutideira</p> <p>A – Manuseio, em seqüência, de vários meios auxiliares para tratamento de um objeto. B – Parafusar e apertar um parafuso usando chave de boca e inspecionar com torquímetro</p>
6 – Processo de trabalho	Seqüência de operações executadas num local de trabalho, com a finalidade de processar um objeto	A – No local de trabalho principal, são executadas várias operações num objeto. B – Montar uma transmissão completa	A – Num local de trabalho ou em uma máquina executar o processamento B – Fabricar um objeto completo em um torno

A – Descrição

B – Exemplo

ANEXO G - Estrutura geral para aplicação de um *workshop Kaizen* de chão de fábrica. Adaptado de: Silva et al (2003), TBM (2007) e em materiais utilizados pelas empresas pesquisadas.

	Resumo do dia	Principais atividades
1º dia	É apresentada à equipe a filosofia e a metodologia, bem como as metas e objetivos a serem atingidos durante a semana (para equipes novas) e levantamento da situação atual	<ul style="list-style-type: none"> - Treinamento da metodologia (conforme a necessidade) - Calcular o Tempo de ciclo - Mapear o <i>lay-out</i> existente e representar graficamente o fluxo de material; - Representar graficamente o movimento dos montadores/operadores (gráfico de espaguete) - Identificar a Seqüência de Trabalho existente - Cronometrar e/ou analisar com MTM os Tempos das atividades alvo. - Representar graficamente tempo das atividades X tempo de ciclo
2º dia	<i>Brainstorming</i> onde possíveis soluções de melhorias são levantadas, para serem analisadas e possivelmente aplicadas durante a semana	<ul style="list-style-type: none"> - Gerar idéias para eliminar Desperdícios; - Avaliar idéias e classificar; - Simular, implementar.
3º dia	Aplicação das melhorias levantadas, bem como ao planejamento e solução de problemas identificados.	<ul style="list-style-type: none"> - Continuar implementação - Acompanhar o novo processo - Verificar a necessidade de novas ações - Mensurar situação após <i>Kaizen</i>
4º dia	Aplicação das melhorias levantadas, bem como ao planejamento e solução de problemas identificados.	<ul style="list-style-type: none"> - Concluir implementação - Medir e representar o novo processo - Verificar a necessidade de novas ações - Treinar operadores / Montadores no novo processo
5º dia	A apresentação final do evento demonstrando os resultados obtidos é realizada no quinto dia, contando com a participação de todos os membros da equipe, bem como do gerente da área envolvida e da diretoria.	<ul style="list-style-type: none"> - Definir seqüência de apresentação - Mostrar evolução dos trabalhos - Mostrar situações antes e depois <i>Kaizen</i> - Mostrar resultados - Elaborar metas 30 dias. - Todos devem apresentar

ANEXO H - Tabela para avaliação de propostas de melhorias. Adaptado de material utilizado pelas empresas pesquisadas.

Propostas de Melhorias																
Nr.	Título / Descrição	Responsável		Retorno esperado		Setor		Recursos necessários			Datas Planejadas		Datas executadas		Status	Prioridade
		Idéia	Execução	R\$	Tempo	Implem.	Exec.	R\$	MDO	Outros	Início	Fim	Início	Fim		
															⊕	
															⊕	
															⊕	
															⊕	

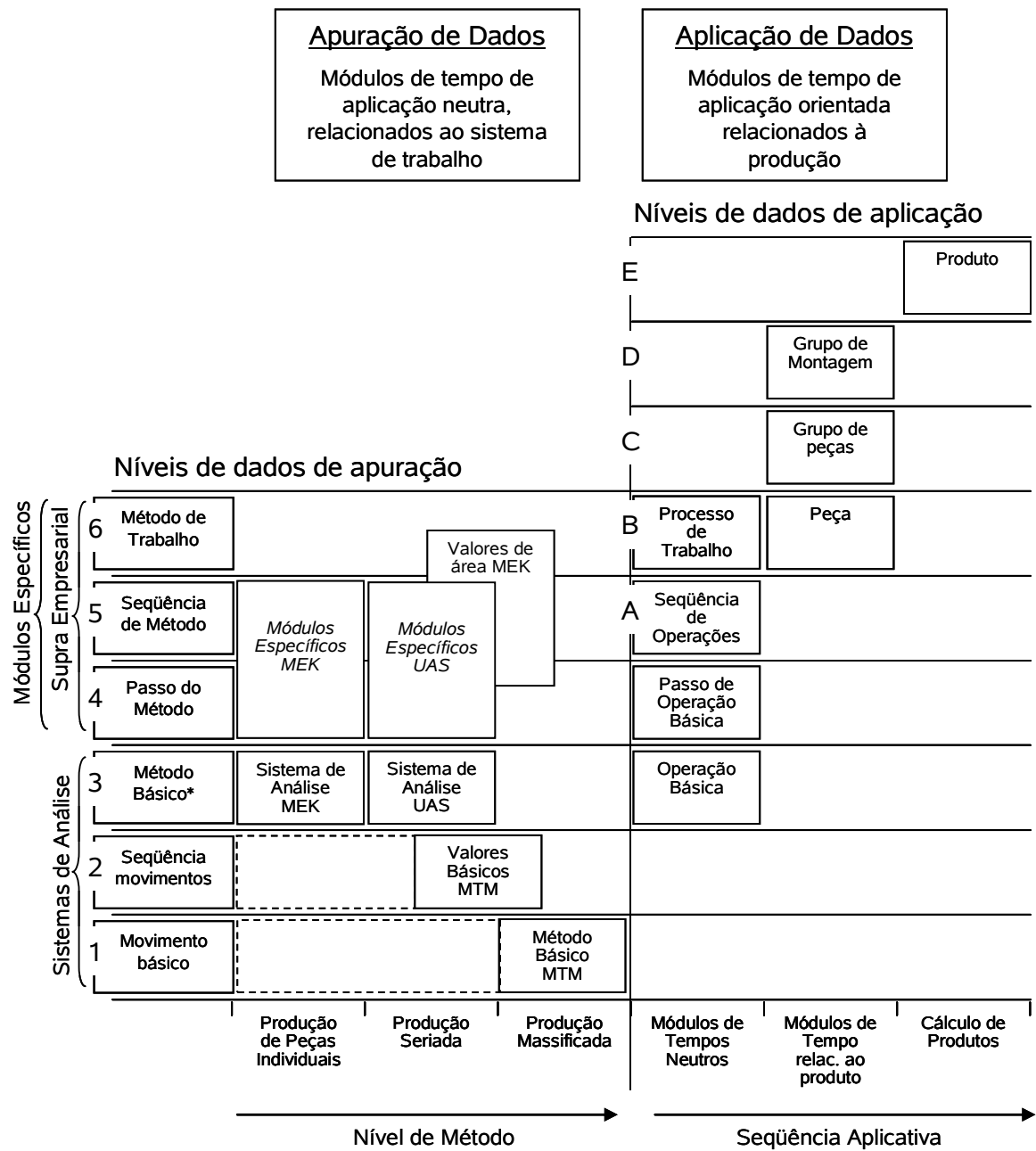
Status

- ⊕ Proposta não avaliada
- ⊖ Proposta avaliada
- ◐ Proposta avaliada e planejada
- ◑ Proposta em execução
- Proposta implantada
- ⊗ Proposta rejeitada

Prioridade:

- 1 – Imediato
- 2 – Curto prazo
- 3 – Longo prazo

ANEXO I - Nível de métodos em diferentes aplicações. Adaptado de: MTM (2005a).



*Inclui Tempo de processo

ANEXO J – Tabelas de MTM Básico. Adaptado de: Maynard (2001) e MTM (2005a).

Alcançar – R – (Reach)

Dist. [cm]	Tempo normal em TMU				Mãos em movimento		Descrição dos Casos
	A	B	C / D	E	A	B	
Até 2	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,6	A – alcançar um objeto solitário, localizado sempre em um lugar definido ou que se acha na outra mão ou sobre o qual a outra mão pousa.
4	3,4	3,4	5,1	3,2	3,0	2,4	
6	4,5	4,5	6,5	4,4	3,9	3,1	
8	5,5	5,5	7,5	5,5	4,6	3,7	
10	6,1	6,3	8,4	6,8	4,9	4,3	
12	6,4	7,4	9,1	7,3	5,2	4,8	B – alcançar um objeto solitário que de seqüência a seqüência do trabalho se acha em um lugar ligeiramente diferente.
14	6,8	8,2	9,7	7,8	5,5	5,4	
16	7,1	8,8	10,3	8,2	5,8	5,9	
18	7,5	9,4	10,8	8,7	6,1	6,5	
20	7,8	10,0	11,4	9,2	6,5	7,1	
22	8,1	10,5	11,9	9,7	6,8	7,7	C – alcançar um objeto amontoado com outros iguais ou similares, exigindo escolha.
24	8,5	11,1	12,5	10,2	7,1	8,2	
26	8,8	11,7	13,0	10,7	7,4	8,8	
28	9,2	12,2	13,6	11,2	7,7	9,4	
30	9,5	12,8	14,1	11,7	8,0	9,9	
35	10,4	14,2	15,5	12,9	8,8	11,4	D – Alcançar um objeto muito pequeno ou que se requiera um pegar exato.
40	11,3	15,6	16,8	14,1	9,6	12,8	
45	12,1	17,0	18,2	15,3	10,4	14,2	
50	13,0	18,4	19,6	16,5	11,2	15,7	
55	13,9	19,8	20,9	17,8	12,0	17,1	
60	14,7	21,2	22,3	19,0	12,8	18,5	E – Deslocar a mão para uma posição indefinida, seja para recuperar o equilíbrio, seja para preparação do próximo movimento ou ainda para afastar a mão da zona de trabalho.
65	15,6	22,6	23,6	20,2	13,5	19,9	
70	16,5	24,1	25,0	21,4	14,3	21,4	
75	17,3	25,5	26,4	22,6	15,1	22,8	
80	18,2	26,9	27,7	23,9	15,9	24,2	

Pegar – G – (Grasp)

Caso	Tempo TMU	Descrição
1A	2,0	Pegar objeto pequeno, médio ou grande isolado, fácil de pegar.
1B	3,5	Pegar objeto muito pequeno ou colocado numa superfície plana.
1C1	7,3	Pegar com interferência no fundo e num lado de um objeto aproximadamente cilíndrico. Diâmetro maior que 12 mm.
1C2	8,7	Pegar com interferência no fundo e num lado de um objeto aproximadamente cilíndrico. Diâmetro de 6 até 12 mm.
1C3	10,8	Pegar com interferência no fundo e num lado de um objeto aproximadamente cilíndrico. Diâmetro menor que 6 mm.
2	5,6	Repegar
3	5,6	Transferir o pegar
4A	7,3	Objeto misturado com outros de tal modo que seja preciso procurar ou selecionar. Maior que 25x25x25mm
4B	9,1	Objeto misturado com outros de tal modo que seja preciso procurar ou selecionar. Entre 6x6x3 e 25x25x25mm
4C	12,9	Objeto misturado com outros de tal modo que seja preciso procurar ou selecionar. Menor que 6x6x3mm
5	0,0	Pegar por contato simples.

Mover – M – (Move)

Dist. [cm]	Tempo TMU			Mãos em mov.	Com esforço			Descrição dos Casos
	A	B	C	B	Peso até daN	Fator W	Cons- tante SC	
Até 2	2,0	2,0	2,0	1,7	1	1,00	0,0	A – objeto levado para a outra mão ou contra um encosto.
4	3,1	4,0	4,5	2,8				
6	4,1	5,0	5,8	3,1	2	1,04	1,6	
8	5,1	5,9	6,9	3,7				
10	6,0	6,8	7,9	4,3	4	1,07	2,8	
12	6,9	7,7	8,8	4,9				
14	7,7	8,5	9,8	5,4	6	1,12	4,3	
16	8,3	9,2	10,5	6,0				
18	9,0	9,8	11,1	6,5	8	1,17	5,8	B – objeto levado a uma posição aproximada ou indefinida.
20	9,6	10,5	11,7	7,1				
22	10,2	11,2	12,4	7,6	10	1,22	7,3	
24	10,8	11,8	13,0	8,2				
26	11,5	12,3	13,7	8,7	12	1,27	8,8	
28	12,1	12,8	14,4	9,3				
30	12,7	13,3	15,1	9,8	14	1,32	10,4	
35	14,3	14,5	16,8	11,2				
40	15,8	15,6	18,5	12,6	16	1,36	11,9	C – objeto levado a uma posição definida.
45	17,4	16,8	20,1	14,0				
50	19,0	18,0	21,8	15,4	18	1,41	13,4	
55	20,5	19,2	23,5	16,8				
60	22,1	20,4	25,2	18,2	20	1,46	14,9	
65	23,6	21,6	26,9	19,5				
70	25,2	22,8	28,6	20,9	22	1,51	16,4	
75	26,7	24,0	30,3	22,3				
80	28,3	25,2	32,0	23,7				

Torcer – T – (Turn) e Aplicar pressão – AP – (Apply Pressure)

Peso	Tempo TMU para ângulos em graus										
	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
Pequeno: 0 a 1 daN	2,8	3,5	4,1	4,8	5,4	6,1	6,8	7,4	8,1	8,7	9,4
Médio: 1,1 a 5 daN	4,4	5,5	6,5	7,5	8,5	9,6	10,6	11,6	12,7	13,7	14,8
Grande 5,1 a 16 daN	8,4	10,5	12,3	14,4	16,2	18,3	20,4	22,2	24,3	26,1	28,2
Aplicar pressão caso 1 (com repegar) 16,2 TMU						Aplicar pressão caso 2 (sem repegar) 10,6 TMU					

Posicionar – P – (Position)

Classe de Ajuste		Simetria	Fácil de manejar	Difícil de manejar
1 – folgado	Não é necessário pressão	Simétrico	5,6	11,2
		Semi-simétrico	9,1	14,7
		Não simétrico	10,4	16,0
2 – apertado	É necessária pouca pressão	Simétrico	16,2	21,8
		Semi-simétrico	19,7	25,3
		Não simétrico	21,0	26,6
3 – exato	Pressão necessária	Simétrico	43,0	48,6
		Semi-simétrico	46,5	52,1
		Não simétrico	47,8	53,4

Soltar – RL – (Release)

Caso	Tempo TMU	Descrição
1	2,0	Soltar normalmente, abrindo os dedos como movimentos independentes.
2	0,0	Soltar por contato.

Separar – D – (Disengage)

Classe de ajuste	Fácil de manejar	Difícil de manejar
1 – folgado – esforço muito ligeiro, combinado com movimento subsequente	4,0	5,7
2 – apertado – esforço normal, pequeno recuo	7,5	11,8
3 – firme – esforço considerável, notadamente recuos de mão	22,9	34,7

Mover os olhos – ET – (Eye Travel) e Focalizar – EF – (Eye focus)

Tempo para mover os olhos = $15,2 \times T/D$ TMU, com um valor máximo de 20 TMU, onde:
 T = a distância dos pontos entre os quais os olhos se movem.
 D = a distância perpendicular do olho ao trajeto
 Tempo de focalização = 7,3

Movimentos de corpo, perna e pé (Body, Leg and Foot Motions)

Descrição	Símbolo	Distância	Tempo TMU
Movimento de pé – dobrado no tornozelo	FM	Até 10 cm	8,5
– com pressão grande	FMP		19,1
Movimento da perna	LM_	Até 15 cm	7,1
		Por cm adicional	0,5
Passo lateral		Menos que 30 cm	Tempos de Alcançar ou Mover
Caso 1 – completado quando a perna movida entra em contato com o chão		Até 30 cm	17,0
Caso 2 – A perna vagarosa deve entrar em contato com o chão antes do próximo movimento poder ser feito	SS-C1	P/ cm a mais	0,2
	SS-C2	Até 60 cm	34,1
		p/ cm a mais	0,2
Abaixar, inclinar ou ajoelhar.	B,S,KOK		29,0
Voltar à posição normal.	AB, AS, AKOK		31,9
Ajoelhar-se sobre os dois joelhos.	KBK		69,4
Voltar à posição normal.	AKBK		76,7
Sentar	SIT		34,7
Levantar de uma posição sentada	STD		43,4
Giro de corpo de 45 a 90 graus			
Caso 1 – completado quando a perna movida entrar em contato com o chão	TBC1		18,6
Caso 2 – A perna vagarosa deve entrar em contato com o chão antes do próximo movimento poder ser feito	TBC2		37,2
Andar	W-P	1 passo	15,0

Nota: Tabelas de movimentos básicos simultâneos e regras de aplicação não inclusas.

A utilização destes valores sem o devido treinamento pode conduzir a resultados falsos.