

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE GESTÃO E ECONOMIA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA PRODUÇÃO

ARIOSNI MEDEIROS ARRUDA

**DIFICULDADES PARA IMPLANTAÇÃO E VANTAGENS ASSOCIADAS AO USO
DE MTM – METHOD TIME MEASUREMENT – EM PROCESSOS DE
FABRICAÇÃO DE PRODUTOS NÃO SERIADOS - ESTUDO DE CASO EM UMA
ÁREA DE USINAGEM.**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2017

ARIOSNI MEDEIROS ARRUDA

**DIFICULDADES PARA IMPLANTAÇÃO E VANTAGENS ASSOCIADAS AO USO
DE MTM – METHOD TIME MEASUREMENT – EM PROCESSOS DE
FABRICAÇÃO DE PRODUTOS NÃO SERIADOS - ESTUDO DE CASO EM UMA
ÁREA DE USINAGEM.**

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia da Produção.

Orientador: Prof. M.Sc. Osvaldo Verussa Júnior

CURITIBA

2017

TERMO DE APROVAÇÃO

DIFICULDADES PARA IMPLANTAÇÃO E VANTAGENS ASSOCIADAS AO USO DE MTM – METHOD TIME MEASUREMENT – EM PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE PRODUTOS NÃO SERIADOS - ESTUDO DE CASO EM UMA ÁREA DE USINAGEM.

Esta monografia foi apresentada no dia 04 de março de 2017, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia da Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato apresentou o trabalho para a Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após a deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. M.Sc. Osvaldo Verussa Júnior
Orientador

Prof. Dr. Leonardo Tonon
Banca

Prof. Dr. Paulo Daniel Batista de Sousa
Banca

Visto da coordenação:

Prof. Dr. Paulo Daniel Batista de Sousa

A folha de aprovação assinada encontra-se na coordenação do curso.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que ilumina meu caminho e minhas decisões.

A minha família, especialmente Sisele e Larinha, pela harmonia e compreensão.

E aos colaboradores da Engenharia Industrial da empresa, que contribuíram de forma imparcial para a realização deste trabalho:

Cleiton Ramos;

Jeferson Fernando Dorte;

Patrícia de Azevedo;

Thiago Antonio Scholz;

Tiago Filipi Longhi.

RESUMO

ARRUDA, Ariosni Medeiros. Dificuldades para implantação e vantagens associadas ao uso de MTM – *Method Time Measurement* – em processos de fabricação de produtos não seriados - Estudo de caso em uma área de usinagem. 2017. 61 f. Monografia. (Especialização em Engenharia da Produção) – Departamento de Gestão e Economia - DAGEE, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

Este trabalho apresenta um modelo de avaliação da viabilidade considerando fatores econômicos para a seleção dos produtos e das células de trabalho que farão parte de um programa de definição dos tempos de processo baseados na metodologia MTM. Aborda também as vantagens e desvantagens da aplicação dos tempos predeterminados em uma área de usinagem, estruturada em *layout* funcional, que apresenta alta variabilidade de tipos de produtos, tamanhos de lotes não constantes e inserções diárias de novos componentes usinados ao portfólio de fabricação. O modelo considera ainda o ciclo de vida dos produtos - componentes usinados – e sua representatividade no custo do produto final – motor elétrico de indução trifásica. Este estudo de caso oferece uma avaliação da aplicabilidade do MTM como ferramenta para redução de custos de produção e aumento da assertividade dos tempos de processo, resultado de uma pesquisa de natureza aplicada e de abordagem quantitativa a partir de dados históricos disponíveis na área escolhida para o estudo. Como resultado deste trabalho disponibilizou-se aos gestores e analistas uma ferramenta de auxílio na tomada de decisão, tendo conhecidas as limitações técnicas e humanas, visando o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis em um sistema de avaliação de processos industriais. A aplicação do modelo de avaliação proporcionou uma seleção dos produtos que representam 90% da demanda produtiva com ganhos na assertividade dos tempos utilizados para a composição dos custos de fabricação dos componentes.

Palavras-chave: MTM (*Methods-Time Measurement*). MTM-UAS. Tempos predeterminados.

ABSTRACT

ARRUDA, Ariosni Medeiros. Difficulties for implantation and advantages associated with the use of MTM – Method Time Measurement – in process of manufacturing of non-serial products – Case study in a machining area. 2017. 61 f. Monografia. (Especialização em Engenharia da Produção) – Departamento de Gestão e Economia - DAGEE, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

This study shows a model of viable evaluation, considering economical features, to select the products and workstations that will be part of a program to define the process times based on the MTM methodology. It also addresses the advantages and disadvantages of using pre-determined times in a machine area, organized by functional layout that shows high types of products variability, not constant production batches, and new model of machined products on his portfolio every day. This model also considers the life cycle of product - machined components - and their representativeness at the final product cost – three-phase induction electric motor.

This work study offers an applicability evaluation of MTM as a tool to help reducing production costs and increase the accuracy of the process time, result of a quantitative applied search based on historical data available in a chosen area to do the study case. As a result of this job was provided to managers and process analyst's one tool that supports their decisions, know the technical and human limitations, aiming a better optimization of available resources in a process evaluation system. The application of this model made it possible the selection of family of products that represents 90% of the productive demand and one increase on the accurate times that are used for calculating the manufacture components' costs.

Keywords: MTM (*Methods-Time Measurement*). MTM-UAS. Pre-determined times.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Movimentos básicos do MTM	18
Figura 2: Sequência estruturada para definição do desempenho LMS	21
Figura 3: Sequência de aplicação do método MTM no posto de trabalho	22
Figura 4: Métodos de análise de acordo com o tipo de produção	25
Figura 5: Codificação dos movimentos pelo processo básico UAS	25
Figura 6: Exemplo de aplicação do método UAS	26
Figura 7: Variação do tempo da atividade em função da habilidade adquirida	27
Figura 8: Modelo de carta de sequência	28
Figura 9: Modelo de formulário para cronoanálise	30
Figura 10: Compensação da fadiga por esforço físico	32
Figura 11: Compensação da fadiga por esforço mental	32
Figura 12: Compensação da fadiga pelo fator de recuperação	32
Figura 13: Compensação da fadiga por monotonia	32
Figura 14: Compensação da fadiga por condições climáticas	33
Figura 15: Exemplo de curva ABC	34
Figura 16: Componentes usinados em ferro fundido	37
Figura 17: Método de trabalho	41
Figura 18: Layout da Usinagem de Fundidos	39
Figura 19: Estrutura para definição do tempo padrão por cronoanálise	40
Figura 20: Representatividade do componente usinado no custo do motor	42
Figura 21: Parcela dos componentes no custo industrial	42
Figura 22: Separação dos tempos manuais dos tempos máquina	43
Figura 23: Curva ABC carcaças	47
Figura 24: Curva ABC tampas	47
Figura 25: Dispositivo de fixação das tampas	52
Figura 26: Carta MTM UAS do centro de usinagem de tampas	52
Figura 27: Folha de cronometragem centro de usinagem de tampas	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fatores para conversão de TMU em outras unidades de tempo	18
Tabela 2: Definição do grau de desempenho LMS	20
Tabela 3: Número recomendado de ciclos de cronometragem.....	31
Tabela 4: Determinação do tempo normal em função do ritmo	33
Tabela 5: Participação dos tempos manuais na usinagem de carcaças.....	45
Tabela 6: Participação dos tempos manuais na usinagem de tampas	46
Tabela 7: Resumo das auditorias de processos.....	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Valores de tempo TMU para o movimento alcançar.....	23
Quadro 2: Dados do sistema de produção atual	41

LISTA DE SIGLAS

BSD - Büro - Sachbearbeiter - Daten

GPD - General Purpose Data

ISO - International Organization for Standardization

LMS - Lowry, Maynard, Stegemerten

MEK - MTM für die Einzel - und Kleinserienfertigung MPS - Master Production Schedule

MRP - Manufacturing Resource Planning

MTM - Method Time Measurement

MTM LOG - MTM Logística

NBR - Denominação de norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas PROKON -

Produktionsgerechte Konstruktion

TMU - Time Measurement Unit

UAS - Universelles Analysiersystem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	APRESENTAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO	12
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.3	JUSTIFICATIVA	14
1.4	OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICO	14
1.4.1	Objetivo Geral	14
1.4.2	Objetivos Específicos	14
1.5	LIMITAÇÕES DO TRABALHO	15
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	ORIGEM E APLICAÇÃO DO MTM	16
2.2	FATORES ERGONÔMICOS NO MTM	19
2.3	GRAU DE DESEMPENHO E SEQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DO MTM	19
2.4	CODIFICAÇÃO DOS MOVIMENTOS	22
2.5	MÓDULOS DO MTM	24
2.6	MTM-1 E UAS - DIFERENÇAS E APLICAÇÕES	24
2.7	TRABALHO PADRONIZADO E TREINAMENTO	27
2.8	CRONOANÁLISE	29
2.8.1	Procedimentos e Formulários	29
2.8.2	Número de Tomada de Tempos	30
2.8.3	Análise de Ritmo	31
2.8.4	Fadiga	31
2.8.5	Concessões	34
2.9	CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS PELA CURVA ABC	34
3.	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	36
4.	ESTUDO DE CASO	37
4.1	APRESENTAÇÃO DA UNIDADE ESTUDADA	37
4.2	MÉTODO DE TRABALHO	37
4.3	LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO ATUAL	38
4.3.1	Layout da Fábrica e Forma de Programação da Produção	38
4.3.2	Modelo Atual de Análise de Métodos e Tempos	39
4.4	CRITÉRIOS PARA PRIORIZAÇÃO DOS PRODUTOS	40
4.5	OS BENEFÍCIOS DO MTM NAS FAMÍLIAS SELECIONADAS	48
4.6	APLICAÇÃO DO MTM EM UMA CÉLULA PILOTO	51
5	AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	54
6	CONCLUSÃO	55
	REFERÊNCIAS	57

1. INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO

A estratégia competitiva de qualquer empresa deve ser fundamentada na busca e exploração de uma vantagem competitiva duradoura. Os atrativos, em matéria de lucro, oferecidos pela produção em massa têm evidentemente seu lugar nos planos e na estratégia da administração de negócios (LEVITT, 2009). Porém, segundo Oliveira (2006), as indústrias estão cada vez mais voltadas à introdução de novos produtos no mercado para atender às diferentes percepções de valor ou mesmo dar um toque de exclusividade a cada um destes produtos, objetivando nesse resultado participação no lucro. Desta forma, os princípios de produção linear em larga escala vão gradativamente perdendo força para a produção customizada, com tendência a lote unitário.

Competitividade e globalização têm levado as empresas a buscarem a excelência produtiva de seus processos e ao uso de novos métodos de gestão e de programas de melhorias até então ignorados. A aplicação dos conceitos de *Lean Manufacturing* - conjunto de estratégias para identificar e eliminar os desperdícios nos processos, nos produtos e na empresa ou em qualquer atividade que consuma recursos e que não contribua com valor para o cliente - torna-se a cada dia mais comum na busca pela melhoria dos processos de produção. O *Total Flow Management* (modelo de gestão baseado na criação do fluxo puxado, sincronização e nivelamento da produção) é outro conceito que também vem sendo adotado e permite a criação de um sistema em que o fluxo é dependente das necessidades do cliente (COIMBRA, 2009).

O mercado totalmente globalizado e competitivo torna os clientes cada vez mais exigentes e força as empresas a buscarem flexibilidade e respostas rápidas às constantes variações de demanda e, também, a oferecerem produtos customizados que atendam às necessidades individuais de seus consumidores. A utilização de uma ferramenta precisa da medição de tempos para possibilitar as avaliações, por meio de simulações das propostas de melhorias, também se faz necessária frente à constante necessidade de controle para ganhos em produtividade. Segundo Novaski e Sugai (2002), o MTM deve ser encarado como um diferencial competitivo para a empresa, pois ajuda na identificação dos desperdícios com conseqüente diminuição dos custos de produção, sendo a sua aplicação uma decisão estratégica.

O MTM (*Method Time Measurement*), cuja tradução à língua portuguesa pode ser chamada de ferramenta para a Medição do Tempo e do Método, torna-se cada vez mais importante na gestão dos negócios e deve ser aplicado de forma ordenada e racional para que se atinjam de uma maneira segura e duradoura os benefícios por ele oferecidos, tais como: a padronização das atividades, a definição da capacidade produtiva e o planejamento da produção baseado nos tempos de processo.

Novaski e Sugai (2002), apontam que, através do desmembramento das operações em movimentos básicos, o MTM é uma grande ferramenta para diminuir a influência negativa das restrições na produção, e o principal resultado alcançado é a eliminação dos desperdícios, com consequente diminuição dos custos de produção.

Como citado por Toledo (2012), para a obtenção de melhorias em qualidade e produtividade, redução de custos e tempos de processo, é necessária uma produção orientada por métodos e instrumentos adequados. Porém, a implantação de um sistema de gerenciamento dos tempos produtivos, baseado exclusivamente no MTM para toda a cadeia produtiva, exige muito esforço e capital humano devidamente treinado para analisar, identificar falhas, propor e implantar melhorias nos processos. Este trabalho propõe um método de identificação e priorização dos pontos de análise, bem como de aplicação do MTM, abordando também os fatores ergonômicos, pois, segundo Novaski e Sugai (2002), a correta implantação atende também às necessidades básicas ergonômicas dos colaboradores.

Após apresentado um resumo sobre visões do ambiente produtivo, passaremos na próxima seção a uma abordagem das oportunidades identificadas.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

A necessidade de tornar os processos de produção mais flexíveis para atender às constantes variações nas demandas dos clientes leva as empresas à necessidade de conhecer e controlar, com um grau de assertividade cada vez mais apurado, as variáveis que impactam diretamente no desempenho dos seus processos. Dentre estas variáveis, conhecer o tempo padrão das tarefas e/ou operações é fundamental para uma avaliação da capacidade, planejamento das ações de melhorias, balanceamento de linhas e composição do custo de fabricação, entre outros. A flexibilização da mão de obra - sendo facilitada pelo uso do método de balanceamento MTM - é fundamental na busca por melhores resultados e ganhos de competitividade. Porém, é preciso ter cuidado em alguns aspectos, pois o levantamento dos dados básicos é um processo lento e que requer pessoas devidamente treinadas. Empresas que

possuem alta variedade de produtos e processos aliados a ciclos curtos de vida dos produtos percebem maior dificuldade na definição dos seus padrões, que na definição de Coimbra (2009), é o melhor método conhecido para realizar uma atividade.

Para padronizar uma atividade e conhecer os tempos nela inseridos, faz-se necessário dedicar profissionais devidamente capacitados para realizar estas avaliações e, esse é o grande desafio: direcionar as atividades destes profissionais para que se consigam os melhores resultados em análise de métodos e tempos com o menor número de recursos humanos possíveis.

1.3 JUSTIFICATIVA

Lê-se em Coimbra (2009), que é primordial para as empresas a eliminação de desperdícios em toda a cadeia de valor, permitindo que estas sejam mais flexíveis e se ajustem mais facilmente às mudanças e às necessidades de seus clientes.

Ser flexível é se adaptar rapidamente às alterações de mercado, ter a capacidade de desenvolver produtos que acompanhem as tendências mundiais e, conseqüentemente, garantam o nível de atividade das empresas.

No estudo de caso apresentado, realizado em uma empresa que se caracteriza pela alta flexibilidade de seus processos e produtos, propõe-se desenvolver um modelo que aperfeiçoe o método atual de avaliação dos tempos do processo de fabricação para que o mesmo se transforme em uma ferramenta de eliminação de desperdício intelectual e importante ferramenta de auxílio na tomada de decisões. Optar pelo modelo de tempo cronometrado ou tempo predeterminado, neste caso, tem sido uma decisão unilateral do analista de processos e que não segue um modelo de decisão sistematizado. Apenas nesta unidade de usinagem da empresa, onde o estudo foi realizado, processam-se mais de 36.000 ordens de produção por mês em 78 centros de trabalho e há em seu sistema 12.670 itens diferentes de produtos ativos (componentes usinados) que foram produzidos nos últimos 12 meses, além de implantar diariamente 07 novos tipos de produtos no sistema produtivo.

A partir desse quadro, pode-se afirmar que a área de métodos e tempos da unidade estudada precisa de um modelo mais eficiente para avaliação dos tempos padrões e que este modelo sirva também para aplicação em outras unidades da empresa que possuam processos similares.

1.4 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICO

O objetivo geral e os específicos deste trabalho serão apresentados a seguir.

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste projeto é desenvolver um modelo de priorização que auxilie os gestores e analistas de processos a definirem quais produtos e centros de trabalho serão escolhidos para a aplicação do método MTM na definição de tempos predeterminados.

1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Analisar a aplicação da ferramenta MTM em unidades de produção de produtos não seriados com elevada variabilidade na demanda;
- Apontar as vantagens da aplicação do MTM em pequenos lotes e compará-lo com o modelo tradicional de tempos cronometrados;
- Identificar famílias de produtos e centros de trabalho onde a opção pelo uso de tempos predeterminados possa ser aplicada de forma eficaz;
- Aplicar a metodologia na unidade onde o estudo de caso foi desenvolvido e listar as dificuldades para estabelecer e consolidar os novos tempos definidos.

1.5 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Este projeto visa à aplicação da metodologia MTM em uma área de usinagem que não se caracteriza por possuir um tipo de produção em massa ou seriada, portanto, aplica-se apenas ao caso estudado e, desta forma, não será verificada a sua reprodutibilidade a outras empresas ou tipos de produtos.

Os dados e tabelas apresentados foram adaptados e não devem servir como modelo para treinamento; informações para este fim podem ser conseguidas com empresas especializadas em consultoria MTM.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente estudo foi estruturado em seis capítulos principais. O primeiro deles, Capítulo 1, da Introdução, apresenta a contextualização do tema, a justificativa, as delimitações e os objetivos.

O Capítulo 2 expõe uma revisão da literatura e fundamentação teórica para o problema de pesquisa. Descreve a origem e evolução do MTM, seus principais autores, aplicabilidade e limitações, vantagens e desvantagens do uso, além de um comparativo entre os métodos conhecidos de medição do tempo.

No Capítulo 3, Procedimentos Metodológicos, são explanadas as formas de pesquisa e de levantamento de dados utilizadas no estudo.

O Capítulo 4 aborda o desenvolvimento da ferramenta, descreve o cenário do estudo e as características da empresa escolhida para a realização do estudo de caso.

Por fim, nos Capítulos 5 e 6 são apresentadas as discussões, dificuldades encontradas, lições aprendidas, conclusões, contribuições do estudo e sugestões para trabalhos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados os pontos importantes da teoria utilizada para o desenvolvimento deste trabalho.

A primeira seção discorre sobre a origem e a aplicação da ferramenta de análise de tempos e métodos MTM.

A seção seguinte trata da importância dos fatores ergonômicos relacionados ao MTM. Nas três seções subsequentes são abordados os temas relacionados à codificação dos movimentos MTM, módulos disponíveis e suas aplicações e, um comparativo entre os módulos mais aplicados: MTM-1 e UAS.

A penúltima seção demonstra a importância do trabalho padronizado e do treinamento dentro da metodologia MTM.

Finalizando a fundamentação teórica, apresenta-se a cronoanálise, que, segundo Toledo Júnior (2002), continua sendo a ferramenta mais difundida nos estudos de racionalização do trabalho, e o modelo de priorização dos produtos pela curva ABC, citada por Tubino (2009), como uma ferramenta útil para classificar os produtos de acordo com a demanda de vendas.

2.1 ORIGEM E APLICAÇÃO DO MTM

O tempo padrão, ou seja, tempo necessário para executar uma operação, de acordo com o método estabelecido, por um operador apto e treinado, que possui habilidades normais, trata-se de um componente fundamental na estruturação dos custos de produção. Portanto, deve-se considerar a Engenharia de Métodos & Tempos como uma das bases da gestão estratégica das organizações.

Este trabalho não questiona a eficácia do uso do MTM como ferramenta para determinação dos tempos envolvidos em uma determinada tarefa, pois, segundo Novaski e Sugai (2001), a aplicação do MTM está amplamente difundida sendo aplicada em diversas empresas mundiais que congregam mais de 3,2 milhões de empregados.

Ainda segundo Novaski e Sugai (2001), Frederick Winslow Taylor (1856-1915), conhecido como o pai do “Estudo de Tempos”, e Frank B. Gilbreth (1868-1924), conhecido como o pai do “Estudo de Movimentos”, foram os impulsionadores para o surgimento do MTM.

Taylor se preocupava com a racionalização do trabalho e escreveu no final do século passado que para estabelecer um tempo padrão normal era necessário subdividir a operação em elementos de trabalho, descrevê-los, medi-los com um cronômetro e adicionar certas permissões que levem em conta esperas inevitáveis e fadiga (MAYNARD, 1970, *apud* BORBA et al, 2008).

Gilbreth estudou mais detalhadamente os elementos do trabalho de Taylor e os subdividiu em 17 elementos básicos das atividades humanas em uma operação. Estes elementos foram chamados de *therblig*, um anagrama ao nome do seu criador (OLIVEIRA, 2006).

Os 17 elementos básicos originais, “therbligs”, elaborados por Gilbreth foram:

- Alcançar
- Pegar
- Mover
- Colocar na posição
- Juntar (posicionar)
- Desmontar
- Usar
- Soltar
- Procurar
- Encontrar
- Escolher
- Pré-colocar
- Pensar
- Examinar
- Atraso inevitável
- Atraso evitável
- Tempo de descanso.

Conforme Maynard (1970), a expansão dos métodos de Taylor e Gilbreth resultou no estabelecimento de tempos elementares para a grande maioria das operações industriais.

MTM é uma abreviação de “*Methods-Time Measurement*”, que traduzindo pode ser entendido como Medição do Tempo de Método, representando que o tempo necessário para a re-realização de um determinado trabalho depende do método escolhido. Lê-se em MTM

(2005), que se trata de um instrumento para descrição, estruturação e planejamento de sistemas de trabalho e consequentemente é um padrão de sistemas de produção eficientes.

O método básico MTM foi criado e desenvolvido na década de 40, por H.B Maynard, G. J. Stegemerten e J. L. Schwab, nos EUA, sendo publicado em 1948 no livro “*Methods-Time Measurement*” (MTM, 2005).

MTM é uma ferramenta destinada a estruturar sequências de movimentos em tarefas básicas. Para cada movimento é atribuído um valor de tempo padrão que é determinado em função dos fatores que influenciam a sua composição. Segundo consta em MTM (2005), o método MTM é aplicado apenas para atividades manuais não sendo aplicado, portanto, em atividades intelectuais que exijam decisões além do sim ou do não.

Quanto maior for o número de subdivisões de uma atividade, mais precisa e demorada será a conclusão da análise do tempo padrão utilizando o método MTM.

Para a especificação dos valores dos tempos dos movimentos básicos no MTM utiliza-se a unidade chamada TMU (*Time Measurement Unit*) ou Unidade de Medição. Os valores equivalentes de TMU são apresentados na Tabela 1 a seguir.

TMU	Segundos	Minutos	Horas
1	0,036	0,0006	0,00001
27,8	1	-	-
1666,7	-	1	-
100000	-	-	1

Tabela 1: Fatores para conversão de TMU em outras unidades de tempo.
Fonte: MTM (2005).

Ainda de acordo com MTM (2005), os movimentos básicos do método são: alcançar, pegar, mover, posicionar e soltar, os quais abrangem entre 80 e 85% das atividades 100% influenciadas pelo homem. Estes movimentos podem ser visualizados na Figura 1 a seguir.

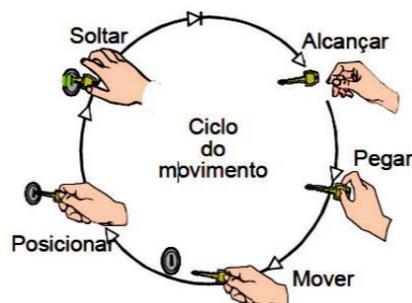


Figura 1: Movimentos básicos do MTM.
Fonte: MTM (2005).

Os movimentos básicos do MTM são tabelados e estabelecem um tempo predeterminado padrão que considera a extensão dos movimentos e as condições em que ele é executado.

A seção seguinte tratará da importância dos fatores ergonômicos ligados ao MTM.

2.2 FATORES ERGONÔMICOS NO MTM

Fatores ergonômicos não podem ser negligenciados durante a avaliação de uma atividade. A aplicação do MTM exige uma análise detalhada de cada movimento executado e favorece o estabelecimento de novos padrões que contribuam para a redução dos riscos ergonômicos e aumentem a satisfação do operário. Conforme apontado por Caragnado e Lavatelli (2012), existe forte correlação entre a carga física de trabalho e a possibilidade de se contrair doenças ocupacionais. Ainda, segundo estes autores, é de responsabilidade dos engenheiros industriais desenvolverem sistemas de trabalho que garantam os níveis de produtividade em completo respeito às regulamentações de segurança.

Os engenheiros industriais devem estar atentos aos movimentos, pesos e frequências executados pelos operários para que seja possível implantar ações que contribuam para a redução de problemas de saúde ocupacional. Segundo Oliveira (2006), os estudos de movimentos devem ter como objetivos:

- Aumento da segurança do operador;
- Aumento do conforto do operador;
- Redução do esforço físico e da fadiga;
- Eliminação de perdas.

2.3 GRAU DE DESEMPENHO E SEQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DO MTM

Segundo Karger e Bayha (1987), o grau de desempenho determina as condições em que o processo está sendo executado considerando apenas os fatores que podem ser influenciados pelo ser humano. Esses fatores são condições de velocidade e esforço despendidos pelos operadores. Ainda segundo os autores, no MTM o desempenho é definido de acordo com o índice de desempenho LMS, nome dado em menção aos seus criadores, os americanos Lowry, Maynard e Stegemerten. O LMS é uma espécie de nivelamento aplicada nos tempos de processos filmados no início do MTM. O objetivo é compensar as prováveis diferenças em relação aos seguintes fatores:

- Habilidade - proficiência em seguir o método padrão;
- Esforço - vontade de trabalhar;
- Condições - ambientais ou da área de trabalho;
- Consistência - desempenho do operador.

Para cada fator é aplicado um aditivo percentual ao tempo de acordo com nove níveis de categorias de desempenho indicadas na Tabela 2. O grau de desempenho LMS e o nivelamento então são definidos por uma sequência estruturada e executados de acordo com o indicado na Figura 2, cabendo a um grupo de técnicos experientes procederem à avaliação do grau de desempenho.

A definição de desempenho padrão 100% segundo MTM (2005), é:
 “O desempenho de um ser humano com nível médio de treinamento que executa esse trabalho continuamente sem apresentar fadiga operacional”.

FATOR		HABILIDADE	ESFORÇO	CONDIÇÕES	CONSISTÊNCIA
Categoria	Código	valor aditivo percentual ao tempo normal			
	A1	+ 0,15			
SUPER	A1	+ 0,14			
	A2	+ 0,13			
EXCESSIVO	A1		+ 0,13		
	A		+ 0,125		
	A2		+ 0,12		
IDEAL	A			+ 0,06	
PERFEITO	A				+ 0,04
EXCELENTE	B1	+ 0,11	+ 0,10		
	B1	+ 0,095	+ 0,09	+ 0,04	+ 0,03
	B2	+ 0,08	+ 0,08		
	C1	+ 0,06	+ 0,05		
BOM	C	+ 0,045	+ 0,035	0,02	+ 0,01
	C2	+ 0,03	+ 0,02		
MÉDIO	D	0,00	0,00	0,00	0,00
FALHO	E1	- 0,05	- 0,04		
	E1	- 0,075	- 0,06	- 0,03	- 0,02
	E2	- 0,01	- 0,08		
RUIM	F1	- 0,16	- 0,12		
	F1	- 0,19	- 0,045	- 0,07	- 0,04
	F2	- 0,22	- 0,17		

Tabela 2: Definição do grau de desempenho LMS.
 Fonte: Adaptado de KARGER; BAYHA (1987).

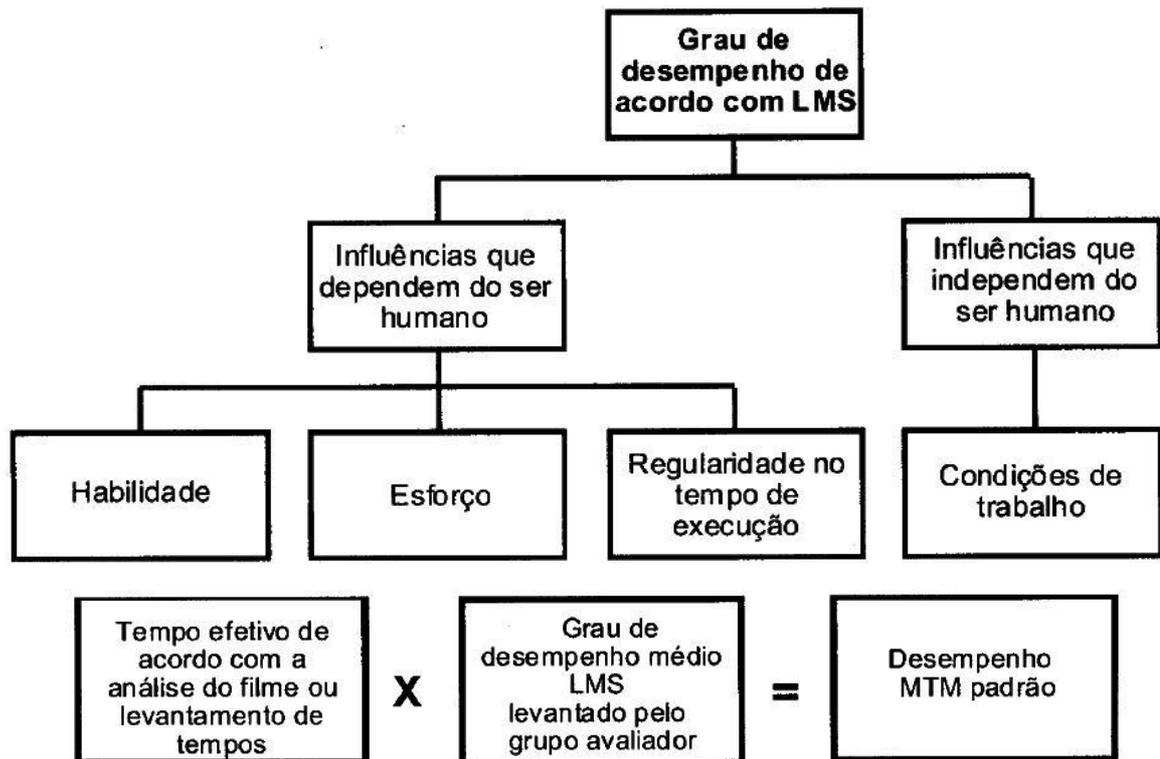


Figura 2: Sequência estruturada para definição do desempenho LMS.
 Fonte: ASSOCIAÇÃO MTM E. V.(1963).

Os tempos padrões MTM foram trabalhados utilizando processo estatístico, incluindo os parâmetros de influência, para compensar a dispersão incorporada aos valores medidos. Essa é a origem da Tabela de Tempos Padrões MTM que permanece praticamente inalterada desde 1973. (MTM, 2005).

Caragnado e Lavatelli (2012) apresentam uma definição similar para o desempenho e a chamam de *working performance* – desempenho do trabalho. Para eles, o tempo padrão é o tempo necessário para uma pessoa média, bem treinada, movendo-se a uma velocidade média e gastando médio esforço para realizar uma tarefa, durante um turno inteiro de 08 horas.

Medição do trabalho não é uma tarefa simples, são necessárias pessoas capacitadas para planejar, medir e corrigir as variações observadas que podem comprometer o resultado da avaliação. Caragnado e Lavatelli (2012) sugerem três passos que devem ser seguidos na definição do tempo padrão:

- I. Estabeleça o tempo básico;
- II. Determine as concessões adequadas;
- III. Adicione as concessões ao tempo básico para determinar o tempo padrão.

Uma sequência determinada por Almeida (2008), apresentada na Figura 3, sugere a implantação de melhorias na atividade após a definição do tempo padrão. Melhorias significam mudanças de método e, se o método foi alterado, novos valores de TMU deverão ser definidos.

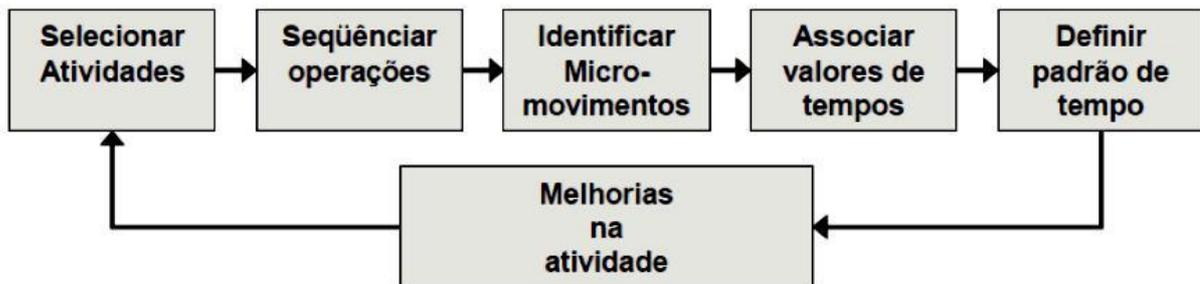


Figura 3: Sequência de aplicação do método MTM no posto de trabalho.
Fonte: ALMEIDA, (2008).

2.4 CODIFICAÇÃO DOS MOVIMENTOS

Os movimentos básicos considerados no MTM são classificados e codificados de acordo com a extensão do movimento e esforço de controle que determina a facilidade ou dificuldade para executar o movimento. A escolha do código a ser utilizado, e como resultante tempo TMU, é feita pelo analista do processo ou, em muitas empresas, também chamado de cronoanalista. Para isso, esse profissional deverá estar perfeitamente treinado e capacitado para evitar interpretações errôneas e resultados não compatíveis à realidade do caso em estudo. Em MTM (2005), encontram-se os parâmetros de influência nos movimentos:

Esforço de controle: O esforço de controle de um movimento determina a facilidade ou dificuldade para realizar o movimento. Ele é dividido em 03 grupos:

- Controle muscular (baixo, médio ou alto);
- Controle visual (baixo, médio ou alto);
- Controle mental (baixo, médio ou alto).

Extensão do movimento: Determina a complexidade do movimento perante a distância em que o mesmo ocorre.

O Quadro 1, extraído da Tabela Original MTM 101 A de 1955, mostra os valores de tempo em TMU para o movimento básico alcançar.

Alcançar - R (Reach)								
Distância em cm	Valor de tempo em TMU							Descrição dos casos
	R-A	R-B	R-C P-D	R-E	mR-A R-Am	mR-B R-Bm	Valor-m para B	
até 2	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,6	0,4	A Alcançar um objeto que se encontra sempre em um local determinado, que se encontra na outra mão ou sobre o qual a outra mão descansa.---
4	3,4	3,4	5,1	3,2	3,0	2,4	1,0	
6	4,5	4,5	6,5	4,4	3,9	3,1	1,4	
8	5,5	5,5	7,5	5,5	4,6	3,7	1,8	
10	6,1	6,3	8,4	6,8	4,9	4,3	2,0	
12	6,4	7,4	9,1	7,3	5,2	4,8	2,6	B Alcançar um objeto que se encontra isolado e que de ciclo para ciclo, se encontra em um local diferente.
14	6,8	8,2	9,7	7,8	5,5	5,4	2,8	
16	7,1	8,8	10,3	8,2	5,8	5,9	2,9	
18	7,5	9,4	10,8	8,7	6,1	6,5	2,9	
20	7,8	10,0	11,4	9,2	6,5	7,1	2,9	
22	8,1	10,5	11,9	9,7	6,8	7,7	2,8	C Alcançar um objeto que se encontra junto com outros objetos iguais ou similares, exigindo assim uma escolha e seleção.
24	8,5	11,1	12,5	10,2	7,1	8,2	2,9	
26	8,8	11,7	13,0	10,7	7,4	8,8	2,9	
28	9,2	12,2	13,6	11,2	7,7	9,4	2,8	
30	9,5	12,8	14,1	11,7	8,0	9,9	2,9	
35	10,4	14,2	15,5	12,9	8,8	11,4	2,8	D Alcançar um objeto muito pequeno ou que exija cuidado.
40	11,3	15,6	16,8	14,1	9,6	12,8	2,8	
45	12,1	17,0	18,2	15,3	10,4	14,2	2,8	
50	13,0	18,4	19,6	16,5	11,2	15,7	2,7	
55	13,9	19,8	20,9	17,8	12,0	17,1	2,7	
60	14,7	21,2	22,3	19,0	12,8	18,5	2,7	E Deslocar a mão para uma posição não determinada, seja para obter equilíbrio, seja para a preparação do movimento seguinte ou para afastar a mão da zona de trabalho.
65	15,6	22,6	23,6	20,2	13,5	19,9	2,7	
70	16,5	24,1	25,0	21,4	14,3	21,4	2,7	
75	17,3	25,5	26,4	22,6	15,1	22,8	2,7	
80	18,2	26,9	27,7	23,9	15,9	24,2	2,7	

Quadro 1: Valores de tempo TMU para o movimento **alcançar**.

Fonte: MTM (2005).

A seguir é apresentado um exemplo de codificação para o movimento **alcançar** uma peça que se encontra sobre uma esteira de montagem em movimento contínuo a 30cm do operador. Neste caso, seguindo a tabela de codificação do movimento alcançar, a codificação será:

R 30 B que é característico de um caso de médio grau de esforço de controle porque o objeto estará sempre em uma posição diferente.

R 30 B equivale a 12,8 TMU, ou seja, alcançar uma peça que se encontra sobre uma esteira de montagem em movimento contínuo a 30 cm do operador equivale a um tempo de 0,46 s conforme as tabelas mundialmente validadas do MTM.

O valor -m no quadro 1 é uma compensação aplicada aos movimentos que não possuem as fases de aceleração e desaceleração, ou seja, o movimento acontece de forma sequencial ao seu precedente. No exemplo acima se for considerada a compensação m para o movimento alcançar o valor de tempo em TMU passará de 12,8 para 9,9 que corresponde a 2,9 TMU de correção.

2.5 MÓDULOS DO MTM

O sistema MTM vem desenvolvendo vários módulos em diversas áreas de aplicação, como por exemplo: o método UAS baseado no MTM A1 que é um método universal de análise de movimentos de alcançar, pegar e colocar no lugar para operações padrões (OLIVEIRA, 2006). Também existem os módulos:

- MEK para aplicação em peças de pequenas séries;
- BSD para trabalhos de escritório;
- PROKON para aplicação na concepção do produto;
- MTM LOG para estudos de carregamento, transporte e descarga;
- ERGOTIME para estudos ergonômicos.

Este trabalho concentra-se nos módulos MTM -1 e UAS que são os mais indicados para estudos de movimentação em postos de trabalho, com tempos de ciclos médios (1 a 3 min) e com alimentação e descarga feitas de forma manual, características do local escolhido para o estudo de caso.

As diferenças e os campos de aplicação do MTM -1 e do método UAS serão apresentados na seção seguinte.

2.6 MTM-1 E UAS - DIFERENÇAS E APLICAÇÕES

O Método MTM está em desenvolvimento contínuo, assim, o método básico foi mundialmente utilizado para múltiplos desenvolvimentos de dados padrão. Sob o patrocínio da Associação MTM Americana foi realizado o desenvolvimento e feita a propagação, nos USA, do GPD (MTM- General Purpose Data – 1963). Com base nas respectivas pesquisas da frequência de aparecimento de novos movimentos foi desenvolvido pela associação MTM sueca o MTM-2 (1966), que tem importância na Escandinávia, Inglaterra e França (MTM, 2005).

Ainda segundo MTM (2005), no âmbito da língua alemã, foram desenvolvidos sob a coordenação da Associação MTM Alemã, tendo como base diversos princípios de condensação de dados, os seguintes sistemas de análise MTM:

- MTM- Standard-Daten-Basiswerte (Valores Básicos – Dados Padrão);
- MTM-UAS (Sistema de Análise Universal) e

- MEK (MTM Für die Einzel – MTM para produção individual e em pequenas séries).
 A Figura 4 mostra de forma simplificada a condensação dos dados entre as diferentes metodologias de análise. Por exemplo: para um tipo de produção em massa, onde os tempos de execução são inferiores a 10s, recomenda-se o uso de MTM-1. Já para os processos que se caracterizam por produção seriada, com tempos de execução superior a 3 min, pode se utilizar o método UAS/MEK, onde os movimentos de alcançar, pegar, mover, posicionar e soltar são condensados em um único movimento chamado de apanhar e colocar no lugar.

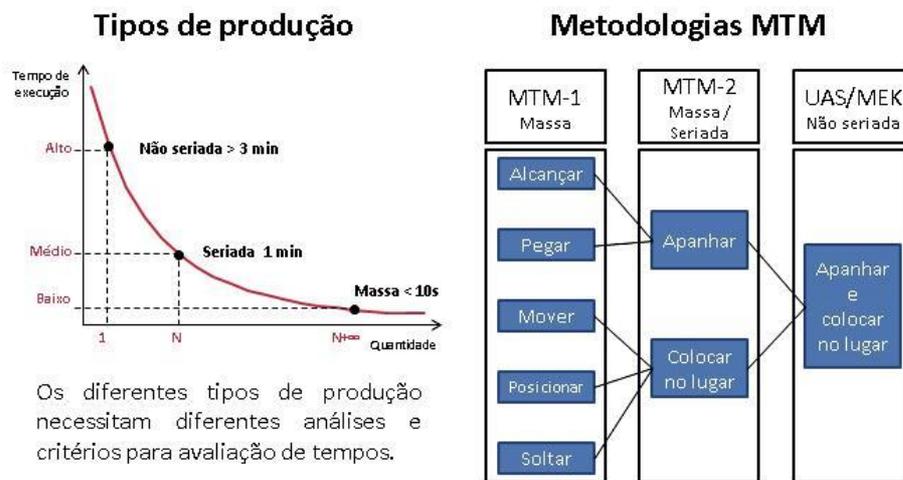


Figura 4: Métodos de análise de acordo com o tipo de produção.
 Fonte: Adaptado de MTM (2005).

Assim como em MTM-1, os processos básicos pelo método UAS são tabelados, porém, para este caso, a codificação utilizada para definir o tempo TMU é feita considerando apenas o grau de dificuldade, a extensão do movimento (cm) e o peso do objeto (daN) conforme mostra a Figura 5.

Percurso em cm	≤ 20	> 20 até ≤ 50	> 50 até ≤ 80
Faixa de distância	1	2	3

Apanhar e Colocar no Lugar		Código	1	2	3	
			TMU			
≤ 1 daN	Fácil	Aproximado	AA	20	35	50
		Solto	AB	30	45	60
		Firme	AC	40	55	70
	Difícil	Aproximado	AD	20	45	60
		Solto	AE	30	55	70
		Firme	AF	40	65	80
> 1 até ≤ 8 daN	Punhado	Aproximado	AG	40	65	80
		Solto	AH	25	45	55
		Firme	AJ	40	65	75
> 8 até ≤ 22 daN		Aproximado	AK	50	75	85
		Solto	AL	80	105	115
		Firme	AM	95	120	130
		AN	120	145	160	

Colocar no Lugar		Código	1	2	3
			TMU		
	Aproximado	PA	10	20	25
	Solto	PB	20	30	35
	Firme	PC	30	40	45

Manusear Meios Auxiliares		Código	1	2	3
			TMU		
	Aproximado	HA	25	45	65
	Solto	HB	40	60	75
	Firme	HC	50	70	85

Accionar		Código	1	2	3
1 acionamento simples		BA	10	25	40
Accionamento composto		BB	30	45	60

Ciclos de Movimentos		Código	1	2	3
1 movimento		ZA	5	15	20
Seqüência do movimento		ZB	10	30	40
Recolocar e 1 movimento		ZC	30	45	55

Fixar e afrouxar		Código	TMU
		ZD	20

Movimentos do Corpo		Código	TMU
Caminhar / m		KA	25
Curvar, abaixar-se, ajoelhar-se, inc. voltar à posição normal		KB	60
Sentar e Levantar		KC	110

Controle Visual		Código	TMU
		VA	15

Figura 5: Codificação dos movimentos pelo processo básico UAS.
 Fonte: MTM (2005).

A Figura 6 é parte de uma análise de tempos feita em um torno vertical para usinagem de peças de médio porte. Ele mostra que a combinação dos movimentos básicos reduz o tempo de análise e simplifica a avaliação, tornando a ferramenta MTM mais atrativa para a aplicação em processos não seriados. Conforme Borba *et al.* (2008), para 03 horas gastas em uma análise criteriosa dos movimentos utilizando o método MTM-UAS seriam necessárias 20 horas de análise pelo método MTM-A1.

Módulo	Descrição	Código	TMU	Q	F	Total	
Retirar peça usinada da máquina / lavar placa / colocar peça bruta / acionar novo ciclo	Andar até a máquina	KA	25	1	1	25	
	Acionar pedal	BA1	10	1	1	10	
	Recuar tarugo	PT	28	1	1	28	
	Retirar peça usinada e colocar na bancada	AH3	55	1	1	55	
	Pegar mangueira para lavar placa	HA2	45	1	1	45	
	Lavar placa	PT	50	1	1	50	
	Caminhar até a calha	KA	25	1	1	25	
	Colocar peça bruta na placa	AJ3	75	1	1	75	
	Colocar arruela	PB1	20	1	1	20	
	Acionar pedal	BA1	10	1	1	10	
	Fechar cilindro	PT	28	1	1	28	
	Andar até o painel	KA	25	1	1	25	
	Acionar botoeira no painel	BA2	25	1	1	25	
	Fechar Porta	PT	67	1	1	67	
							488

Figura 6: Exemplo de aplicação do método UAS
Fonte: Autoria própria.

A Figura 6 exemplifica parte da aplicação do MTM-UAS em uma operação de usinagem para a tarefa de retirar a peça usinada e abastecer novamente a máquina. O tempo total é de 488 TMU o que equivale a 17,5 segundos conforme fator de conversão indicado na Tabela 1. Sendo:

Q = Quantidade de vezes que o movimento acontece;

F = Frequência que o movimento ocorre para cada ciclo completo de uma peça.

Um ponto fundamental para decidir pela implantação ou não da ferramenta MTM em uma determinada atividade é saber quais benefícios esta ferramenta trará para melhorar o

desempenho desta atividade. Slack e Lewis (2011) apontaram que os gerentes operacionais não podem evitar o envolvimento com as tecnologias de processo. Eles utilizam tais ferramentas diariamente e devem estar preparados para escolher qual tecnologia poderá aumentar a eficiência operacional de seus processos.

A escolha pelo modelo de gestão de tempos de produção depende das características de produto, de processo e de decisões estratégicas de cada empresa. Para isso, não basta apenas conhecer as ferramentas disponíveis, é necessário também conhecer e mensurar os benefícios que elas podem oferecer. Optar por um ou outro modelo é uma decisão gerencial.

2.7 TRABALHO PADRONIZADO E TREINAMENTO

Um importante fator para o sucesso do MTM em uma organização é a adoção do trabalho padronizado. Para Coimbra (2009), padrão de trabalho é o melhor método conhecido para realizar uma atividade. Segundo Maynard (1970), o estabelecimento de padrões adequados influencia na determinação dos custos e são necessários para a solução de problemas e implantação de novos padrões, que se trata de decisões urgentes e promovem economia.

Desta forma o MTM deve contribuir para os estudos de melhorias de métodos e não apenas ser visto como uma ferramenta de medição do tempo. O correto estabelecimento dos padrões de uma atividade exige um grande esforço por parte do analista e das empresas, que devem estar providas de profissionais devidamente capacitados para a realização dos estudos de tempo. Tão difícil quanto estabelecer o tempo padrão é mantê-lo de forma inalterada sem que nenhum fator desconhecido interfira no resultado da avaliação antes realizada.

Segundo Borba *et al.* (2008), o produto final da análise por cronometragem é o tempo, onde não se criticam as tarefas que estão dentro do tempo. No MTM o produto final é o método, e o tempo passa a ser consequência do método. Assim, o método precisa estar claramente definido e disseminado a todas as pessoas envolvidas na atividade. Durante a definição do método devem-se considerar a habilidade e o treinamento do operador, pois estes fatores afetam o tempo de execução como mostrado na Figura 7, onde o tempo necessário por tarefa reduz na medida em que aumenta a quantidade de repetições da mesma tarefa. MTM (2005) define habilidade como sendo o conhecimento adquirido durante a realização de uma tarefa na execução do movimento, que por sua vez depende das necessidades básicas, bem como de experiência e treinamento.

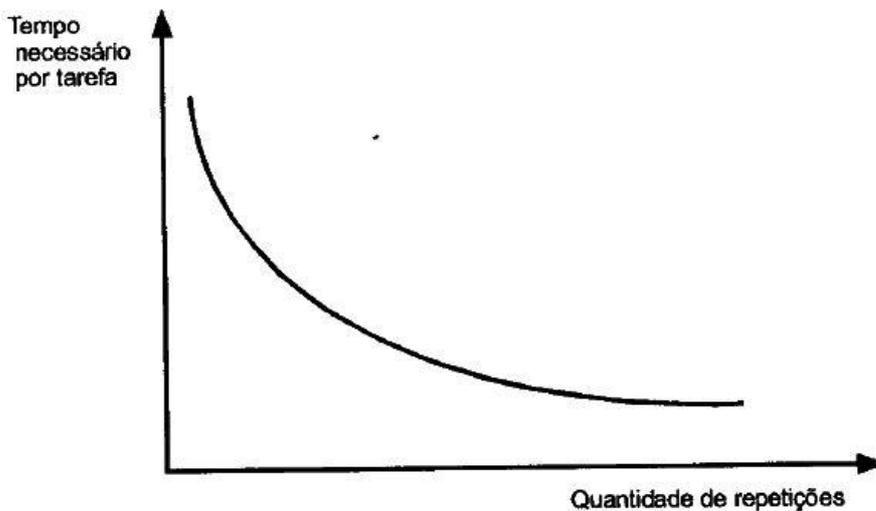


Figura 7: Variação do tempo da atividade em função da habilidade adquirida.
Fonte: MTM (2005).

Devem-se observar também, durante a composição do método, quais as atividades dentro do ciclo são realmente necessárias para a execução da atividade. Coimbra (2009) sugere a observação dos movimentos do operador e a identificação e eliminação daqueles que não agregam valor ao produto, definindo o padrão apenas com os elementos de agregação de valor. Simplificar movimentos ou torná-los mais seguros contribui para a redução no esforço de controle e, conseqüentemente, redução do tempo necessário para executá-lo.

Quanto mais detalhado for o sistema de análise, mais fácil é a definição do melhor método. O método básico MTM é o que oferece o mais alto grau de detalhamento. Já nos sistemas compactados UAS e MEK a redução do nível de detalhamento é significativa, o que, por sua vez, dificulta a identificação dos pontos de melhorias. Como exemplo de trabalho padronizado, a Figura 8 apresenta o modelo de uma carta de seqüência que indica os principais passos a serem seguidos pelo operador para a realização da tarefa trocar peças na máquina. O sistema de análise de tempos, neste caso UAS, é feito a partir da obediência à seqüência estabelecida em documento válido para o centro de trabalho e torna-se uma ferramenta indispensável para a realização do treinamento operacional.

Sequência do Trabalho Padrão						
Mão Esquerda			Mão Direita			
Trocar Peça e Acionar Máquina						
			Retirar arruela de fixação da peça			
Retirar peça da máquina e colocar na bancada						
			Pegar mangueira d'água e lavar placa			
Pegar peça bruta da calha e colocar na máquina						
			Colocar arruela de fixação da peça			
			Acionar botoeira para fechar porta			
Aguardar fechamento de porta e fixação da peça						
			Acionar botoeira Start (iniciar)			
Módulo	Descrição	Código	TMU	Q	F	Total
Retirar peça furada colocar na bancada, colocar peça bruta e acionar.	Retirar peça usinada e colocar na bancada	AH3	55	1	1	55
	Pegar pincel limpar dispositivo	HA2	45	1	1	45
	Limpar dispositivo	ZB2	30	1	4	120
	colocar peça bruta no dispositivo	AJ3	75	1	1	75
	Acionar botoeira	BA2	25	1	1	25

Figura 8: Modelo de carta de sequência.

Fonte: Engenharia Industrial da Empresa.

Observa-se no exemplo anterior que a sequência de módulos de análise de tempos UAS segue o descrito na carta de sequência e esse é o principal fator para garantir a confiabilidade da ferramenta MTM.

Seguir métodos padronizados exige disciplina e comprometimento das pessoas envolvidas, evita retrabalhos com análises de métodos e a necessidade de fiscalização dos padrões.

A fiscalização dos padrões consome bastante tempo e não é diretamente produtivo. Um número exagerado de pessoas fazendo parte da administração representa perda de tempo e dinheiro. (MAYNARD, 1970, p.10).

2.8 CRONOANÁLISE

Estudos de tempos baseados na cronoanálise continuam sendo os mais difundidos quando se fala em racionalização do trabalho nas empresas através dos tempos e movimentos (TOLEDO JÚNIOR, 2002).

Maynard (2001) define estudo de tempo como sendo “a análise de uma determinada operação para determinar o tempo de trabalho necessário para executá-la, da sequência em que ocorrem esses elementos e dos tempos necessários para realizá-los efetivamente”.

Os estudos de cronoanálise seguem etapas lógicas que precedem a definição do tempo padrão. Martins e Laugeni (2005) *apud* Chioroli *et al.* (2011), sugerem algumas etapas para a determinação do tempo padrão de uma operação, sendo elas:

1. Discutir com todos os envolvidos sobre o trabalho a ser feito e estabelecer o procedimento a ser executado em formulário;
2. Determinar o número de tomadas de tempo a serem medidas;
3. Avaliação sobre as condições normais de ritmo de trabalho;
4. Determinar fadigas e tolerâncias;
5. Preencher o formulário para tempo padrão.

Os tópicos seguintes apresentam uma descrição sobre cada uma destas etapas.

2.8.1 Procedimentos e formulários:

Formulários específicos para a cronoanálise são os mais indicados para registro e sequência dos elementos a serem avaliados além de outras informações importantes como data, responsável, nome do operador, centro de trabalho, identificação da peça, condições do processo entre outras.

A Figura 9 apresenta um modelo de formulário utilizado para estudos de cronoanálise, onde:

Elementos = São as subdivisões do processo feitas durante o processo de análise.

T = Tempo cronometrado de cada elemento do processo em leitura do cronômetro com retorno a zero, ou seja, o cronômetro é posto em movimento no início do estudo e no final do elemento, após a leitura, o ponteiro é reconduzido a zero, sem a necessidade de desligar o mecanismo do cronômetro.

L = Leitura contínua não sendo necessário zerar o cronômetro a cada leitura e no final do estudo, faz-se a subtração dos elementos.

O modo de leitura do cronômetro é de livre escolha do analista e sua escolha não interfere no resultado do estudo.

TC = Média dos tempos cronometrados. RIT = Ritmo de trabalho.

TN = Tempo normal = TC x RIT

Freq. = Frequência em que o elemento ocorre em cada ciclo completo.

Fadiga = Percentual de acrescido ao tempo normal para compensar o desgaste físico e mental do operador.

TB =Tempo básico = (TC x RIT) + Fadiga.

Tempo padrão = Tempo do processo, representa o tempo básico mais o acréscimo que é dado pelas concessões.

Definições mais detalhadas sobre ritmo, fadiga e concessões serão vistas nas páginas seguintes deste capítulo.

FOLHA DE CRONOMETRAGEM													Data:				
Operador:	Turno:			Cron.:			Estudo:			Cód. Mat.:			Folha Nº:				
Produto:	Nº:			Material:			CT.:			Local:			Obs.:				
Operação:																	
Nº	Elementos	Ciclos										T.C.	RIT	T.N.	Freq.	Fadiga	Tempo Básico
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
01	T																
	L																
02	T																
	L																
03	T																
	L																
04	T																
	L																
Obs:	Tempo Básico Total:					min					Produção Horária:		pc/h		Concessão:		
	Tempo Padrão:					min											

Figura 9: Modelo de formulário para cronoanálise.

Fonte: Autoria própria.

2.8.2 Número de tomadas de tempos:

O número de tomadas de tempos, ou número de peças, ou número de ciclos de cronometragem (N) depende da natureza da operação e da duração do ciclo. Deve-se assegurar um tamanho de amostra que garanta confiabilidade ao estudo. A Tabela 3 sugere um número de ciclos de cronometragem em função do tempo necessário para executar a tarefa.

TC											
(min)	0,1	0,25	0,5	0,75	1,00	2,00	5,00	10,00	20,00	40,00	> 40,00
N											
(ciclos)	200	100	60	40	30	20	15	10	8	5	3

Tabela 3: Número recomendado de ciclos de cronometragem

Fonte: Adaptado de MAYNARD (1970).

2.8.3 Análise de ritmo:

É o processo por meio do qual o cronometrista compara o ritmo do operador durante a execução da cronoanálise de forma subjetiva. As velocidades do operador são classificadas em ritmo lento, normal e rápido. Devem-se treinar os cronometristas utilizando-se padrões universais para avaliação de ritmo, exemplos:

- Distribuir 52 cartas de um baralho numa distância de 36 cm, em 04 áreas quadradas de 15 cm = tempo em ritmo normal de 41 segundos.
- Andar, em linha reta, um trecho de 16 metros = tempo em ritmo normal de 41 segundos.

A Tabela 4 mostra um exemplo de correção do tempo cronometrado considerando o ritmo de trabalho observado em uma determinada operação.

			Tempo Cronometrado	
Operador	Ritmo de Trabalho		(min)	Tempo Normal (min)
1	Lento	85%	0,251	
2	Normal	100%	0,213	0,213
3	Rápido	115%	0,185	

Tabela 4: Determinação do tempo normal em função do ritmo.
Fonte: A autoria própria.

2.8.4 Fadiga:

A fadiga é um valor que se aplica ao tempo normal para compensar a diminuição progressiva da capacidade de produção do operador. O valor pode variar de caso para caso, pois depende:

- Do esforço muscular, posição do corpo, concentração mental e monotonia dos esforços repetitivos;
- Do tipo de trabalho, por exemplo: em operações realizadas por máquinas automáticas onde o cansaço do operador não interfere no desempenho do processo, a fadiga é considerada zero.
- Das condições ambientais onde o trabalho é executado.

As Figuras 10, 11, 12, 13 e 14, extraídas do documento interno WPS – 203, que estabelece as definições sobre estudos de métodos e tempos na empresa, auxiliam no

entendimento da fadiga e servem para exemplificar o cálculo da compensação destes fatores e têm como fonte Silva e Coimbra (2008).

GRAU	DESCRIÇÃO	%
Muito Leve (ML)	Trabalho sentado, serviço manual, pesos minúsculos, movimento de braços e mãos.	1,8
Leve (L)	Trabalho sentado, serviço manual, pequena movimentação do corpo, pequeno esforço com membros superiores ou inferiores.	3,6
Médio (M)	Trabalho em pé; pequena movimentação do corpo, operar pesos médios.	5,4
Pesado (P)	Trabalho em pé; pode haver movimento em torno do local, carregar, puxar ou manter pesos.	7,2
Muito Pesado (MP)	Operar de modo aproximadamente contínuo com pesos grandes, movimentar-se por longas distâncias transportando pesos (até 20kg).	9,0

Figura 10: Compensação da fadiga por esforço físico.

Fonte: Autoria própria.

GRAU	DESCRIÇÃO	%
Leve (L)	Serviço repetitivo e invariável, pequena responsabilidade de segurança e qualidade, trabalho que não requer decisões.	0,6
Médio (M)	Média responsabilidade em segurança e qualidade, trabalho que requer pequenas decisões e/ou uso de instrumentos.	1,8
Pesado (P)	Grande responsabilidade em segurança e qualidade, responsabilidade pelo trabalho dos outros, grande necessidade de decisões.	3,0

Figura 11: Compensação da fadiga por esforço mental.

Fonte: Autoria própria.

% TEMPO DE PARADA DO OPERADOR (P)	FATOR DE RECUPERAÇÃO (Fr)
0 – 5	1,00
6 – 10	0,90
11 – 15	0,80
16 – 20	0,71
21 – 25	0,65
26 – 30	0,54
31 – 35	0,46
36 – 40	0,39
41 – 45	0,32
46 – 50	0,26
51 – 55	0,20
56 – 60	0,15

Figura 12: Compensação da fadiga pelo fator de recuperação.

Fonte: Autoria própria.

DURAÇÃO DO CICLO (min)	ABONO (%)
De 0 a 0,05	7,8
De 0,06 a 0,25	5,4
De 0,26 a 0,50	3,6
De 0,51 a 1,00	2,1
De 1,01 a 4,00	1,5
De 4,01 a 8,00	1,0
De 8,01 a 12,00	0,6
De 12,01 a 16,00	0,3
Acima de 16,00	0,1
Ciclo Indistinto	1,0

Figura 13: Compensação da fadiga por monotonia.

Fonte: Autoria própria.

TÉRMICAS			ATMOSFÉRICAS			OUTRAS		
TIPO	TEMP. (°C)	%	TIPO	DESCRIÇÃO	%	TIPO	DESCRIÇÃO	%
Gelada	0 a 7	3,6	Boas	Local bem ventilado ou ar fresco.	0	Ruído	Baixo nível	0
Baixa	7 a 15	1,8	Razoáveis	Local mal ventilado, presença de mau cheiro ou fumaça não tóxica.	2,4		Excessivo, obrigando ao uso de protetor auricular.	1,8
Normal	15 a 26	0	Más	Alta concentração de pós. Presença de fumaça ou pó tóxico.	5,6	Umidade	Ambiente seco e agradável	0
Alta	26 a 34	1,8					Excessiva	Até 26 °C
							Até 40 °C	3,6

Figura 14: Compensação da fadiga por condições climáticas.

Fonte: Autoria própria.

Para exemplificar o cálculo da fadiga tomou-se como referência um processo em que o tempo normal total é de 0,65 minutos de um operador trabalhando em pé, com esforço físico médio, esforço mental leve e em condições ambientais adequadas. O tempo de descanso é de 0,15 minutos, que é o tempo em que a máquina executa a operação e o operador fica esperando o final do ciclo. Para o cálculo da fadiga total usa-se a fórmula:

$$F_t = [(E_f + E_m) \times Fr] + M + Ca$$

Onde:

F_t = Fadiga total (%)

E_f = Esforço físico (%)

E_m = Esforço mental (%)

Fr = Fator de recuperação

M = Monotonia (%)

Ca = Condições ambientais (%)

Primeiramente calcula-se o percentual de parada do operador em relação ao ciclo total $0,15 \text{ min} / 0,65 \text{ min} = 23\%$. Com esse valor chega-se ao fator de recuperação (Figura 12) que é 0,65.

Das Figuras 10 e 11 extraem-se os valores para esforço físico e mental, que neste caso são 5,4% e 0,6% respectivamente.

A monotonia é um abono que depende da duração do ciclo total, neste exemplo obtém-se da Figura 13 um valor de 2,1%.

Por fim, a compensação feita pelos fatores climáticos (Figura 14) que neste caso o valor é zero, pois foi citado que o operador trabalha em condições ambientais adequadas.

Aplica-se então a fórmula para conhecer a fadiga total: $F_t = [(E_f + E_m) \times Fr] + M + Ca$

$$F_t = [(5,4\% + 0,6\%) \times 0,65] + 2,1\% + 0$$

$$F_t = 6\%$$

Portanto, o tempo total básico corrigido pela fadiga é de $0,65 \text{ min} + 6\% = 0,69 \text{ min}$.

2.8.5 Concessões:

Concessão é uma tolerância a incluir no tempo padrão para compensar certas “demoras inevitáveis” que ocorrem durante a execução de uma operação.

Costuma-se atribuir um coeficiente de 5% sobre o tempo total básico para cobrir todas as demoras inevitáveis (exemplos: necessidades pessoais, ginástica laboral, reuniões, etc.).

2.9 CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS PELA CURVA ABC

Shingo (1996) destaca que as ações de melhorias são mais eficientes quando se concentram nos itens mais importantes, e os que representam *status* de pouco importantes (baixa demanda e baixa frequência) não precisam ser considerados.

Segundo Tubino (2009), uma ferramenta útil para classificar os itens de acordo com a demanda é a classificação pela curva ABC, ou curva de Pareto, que está baseada no seguinte princípio: poucos itens são responsáveis pela maioria dos eventos analisados. Ainda segundo o autor, estes eventos podem ser os mais variados como: problemas em um sistema de produção, investimentos de clientes em um banco ou demandas que precisam ser atendidas.

Coimbra (2009) apresenta a separação dos produtos na curva ABC, sendo os produtos classe A aqueles que representam 20% dos tipos de produtos e 80% das vendas, já os itens classe B referem-se a outros 30% dos produtos e 10 a 15% das vendas. Por fim, os itens classe C são os demais produtos, que representam menos de 10% das vendas.

Um exemplo de curva ABC para a classificação da demanda de parafusos em um determinado período é representado na Figura 15.

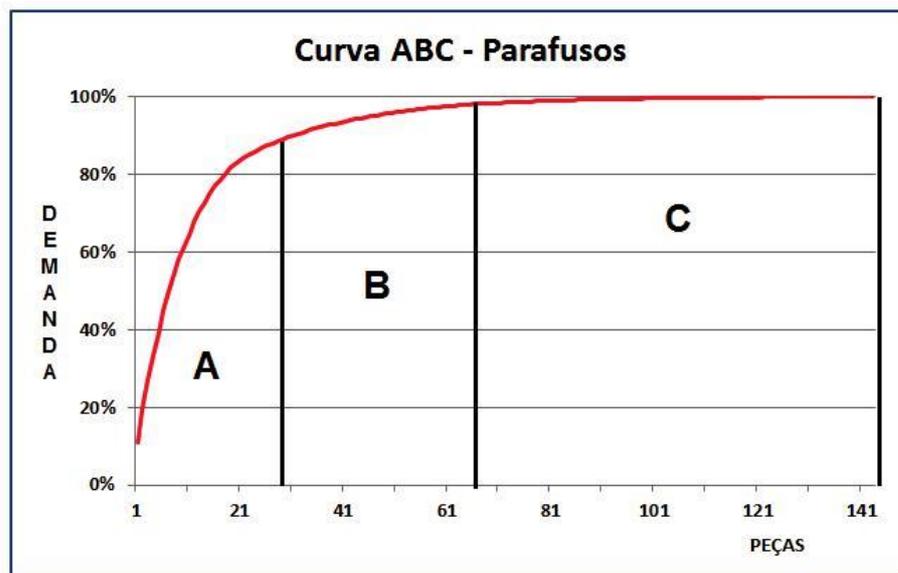


Figura 15: Exemplo de curva ABC.
Fonte: Autoria própria.

Observa-se na figura anterior que os produtos classe A representam mais de 80% da demanda no período e que apenas 28 dos 141 diferentes tipos de parafusos são suficientes para completar essa demanda.

Aqui se finaliza o referencial teórico e o trabalho agora passa a apresentar os procedimentos metodológicos utilizados no estudo.

3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Neste capítulo serão apresentados os métodos e técnicas utilizados para a realização deste estudo, que se caracteriza por uma pesquisa do tipo estudo de caso, que, segundo Miguel (2007), é um estudo de natureza empírica que investiga um determinado fenômeno, geralmente contemporâneo, dentro de um contexto real, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto em que ele se insere não são claramente definidas.

Visando atingir os objetivos estabelecidos, foram estabelecidos alguns métodos e técnicas a serem utilizados durante o seu desenvolvimento. Primeiramente, buscou-se um embasamento literário sobre estudos de métodos e tempos, através de referências em livros, artigos, monografias e teses relacionadas ao tema.

Após a revisão da literatura, iniciou-se uma pesquisa quantitativa de natureza exploratória, através de análise documental aos dados históricos cadastrados no sistema de gerenciamento da produção da empresa e disponibilizada por analistas técnicos e engenheiros do Departamento de Engenharia Industrial. Essa análise possibilitou conhecer a variabilidade de produtos fabricados, os tempos de fabricação e a demanda produtiva registrada no período dos últimos 12 meses para cada tipo de produto.

A classificação e seleção dos produtos a serem estudados pela metodologia MTM foram feitas primeiramente utilizando-se o critério da representatividade de cada componente usinado no custo industrial de transformação do produto final – motor elétrico. Após esta classificação, utilizou-se o modelo de priorização pela curva ABC de demanda para estabelecer a família final de produtos selecionados para o estudo.

Para validar as vantagens da aplicação do MTM na família de produtos selecionada, foram separados os tempos manuais dos tempos máquina, estabelecido às fórmulas para calcular a assertividade do MTM em relação ao modelo atual de definição por cronoanálise e os ganhos no cálculo do custo de transformação do produto final.

Por fim, foi escolhido um centro de trabalho, que produz componentes inseridos na família selecionada, para uma aplicação prática de análise MTM-UAS e posterior comparação dos resultados com o modelo de tempos cronometrados.

No Capítulo seguinte, será apresentado o estudo de caso realizado na área de componentes em ferro fundido usinados para montagem em motores elétricos trifásicos com potência até 15 KW.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 APRESENTAÇÃO DA UNIDADE ESTUDADA

O estudo foi desenvolvido no Departamento de Usinagem de Componentes Fundidos para motores elétricos de indução trifásica até 15kw. O Departamento conta com 240 colaboradores diretos e 40 indiretos, divididos em 03 seções que operam em 02 turnos de trabalho. Nessa área são usinados cerca de 25.000 componentes diariamente, entre carcaças, tampas e componentes diversos, dos quais se podem citar os anéis, as caixas de ligação e os ventiladores.

Para um melhor entendimento dos produtos estudados, a Figura 16 apresenta em destaque os componentes que são processados na área de usinagem de fundidos.

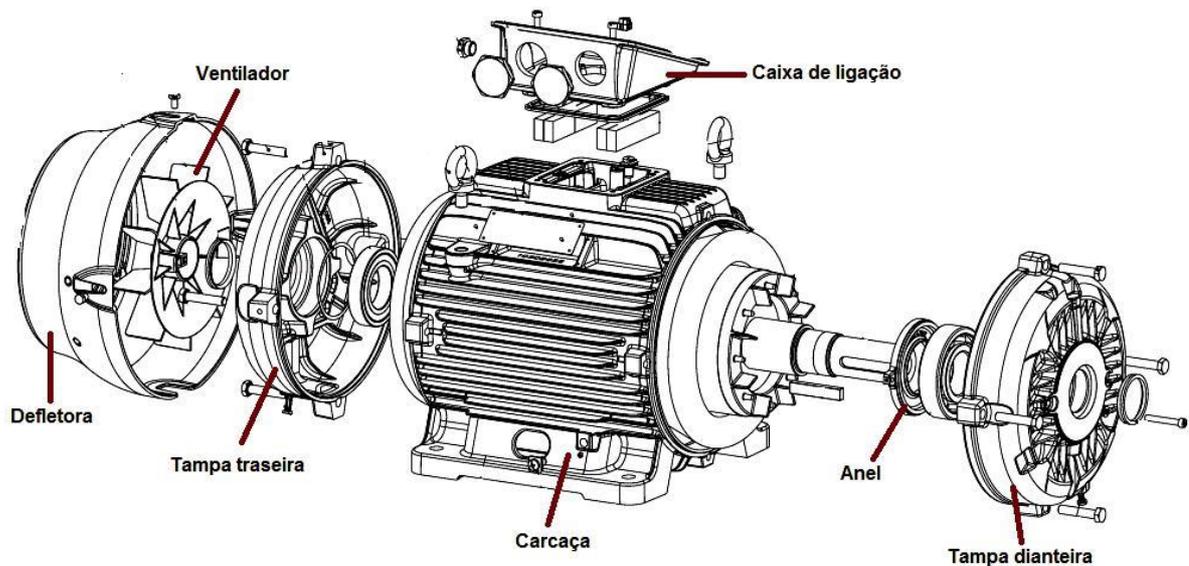


Figura 16: Componentes usinados em ferro fundido.
Fonte: Autoria própria.

4.2 MÉTODO DE TRABALHO

Um fluxograma das principais etapas deste trabalho foi elaborado para identificar a sequência das atividades que serão descritas individualmente durante o desenvolvimento do estudo. Estas etapas compreendem desde o levantamento detalhado do quadro atual (estrutura, tipo de produção, gama de produtos, tipo de *layout*, etc.) até a elaboração de uma proposta de melhoria para a área de gestão e métodos e tempos na unidade.

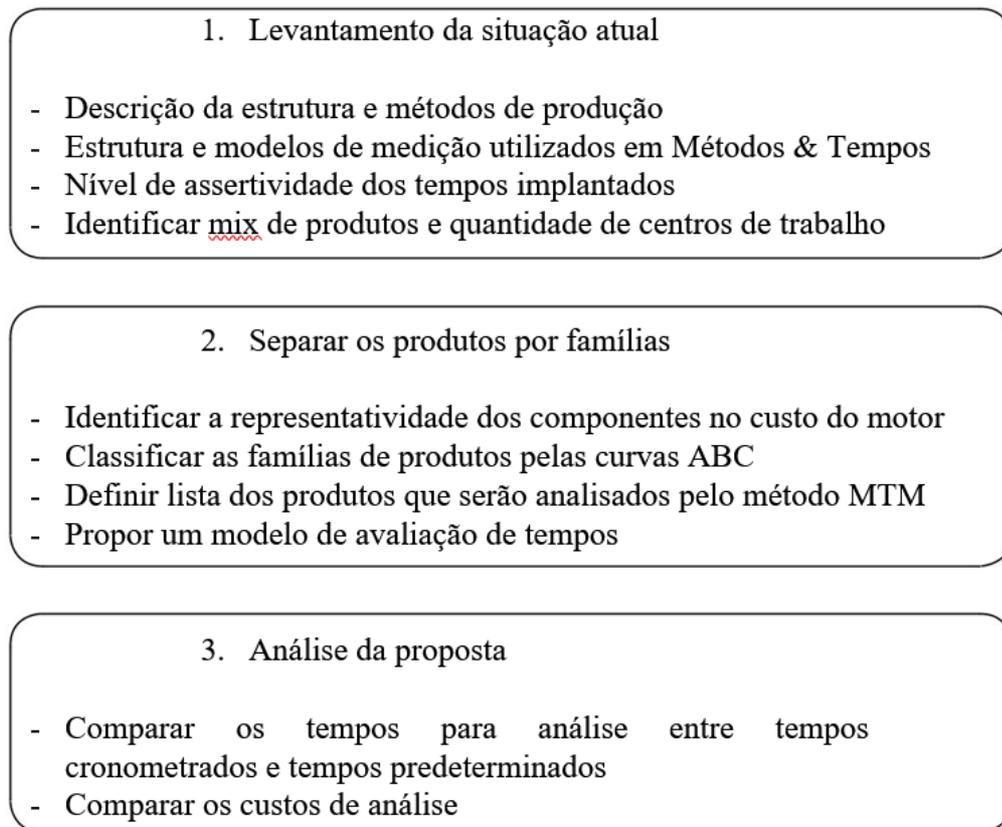


Figura 17: Método de trabalho.
Fonte: Autoria própria.

4.3 LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO ATUAL

Esta etapa apresenta a forma de programação da fábrica, sua estrutura e como é realizada a análise de métodos e tempos, além do *layout*, número de centros de trabalho, e uma visão de como se caracterizam a demanda e a variação de modelos de componentes produzidos.

4.3.1 *Layout* da Fábrica e Forma de Programação da Produção

A Usinagem de Fundidos conta com uma área de 7.500 m² (75 m X 100 m) onde estão instaladas 260 máquinas - furadeiras, tornos, centros de usinagem e mandriladoras - que compõem 78 postos de trabalho configurados na forma de *layout* por processo (máquinas agrupadas por função). O abastecimento dos postos de trabalho acontece em *containers* padrão que são posicionadas ao lado dos centros de trabalho com o auxílio de empilhadeiras

elétricas. O abastecimento e a descarga das máquinas são feitos de forma manual e, onde aplicável, com o auxílio de talhas e manipuladores mecânicos.

As três seções administrativas (Usinagem de Carcaças, Usinagem de Tampas e Usinagem de Diversos) são divididas por tipo de produto e estes são fisicamente distribuídos conforme é representado na Figura 4.3.

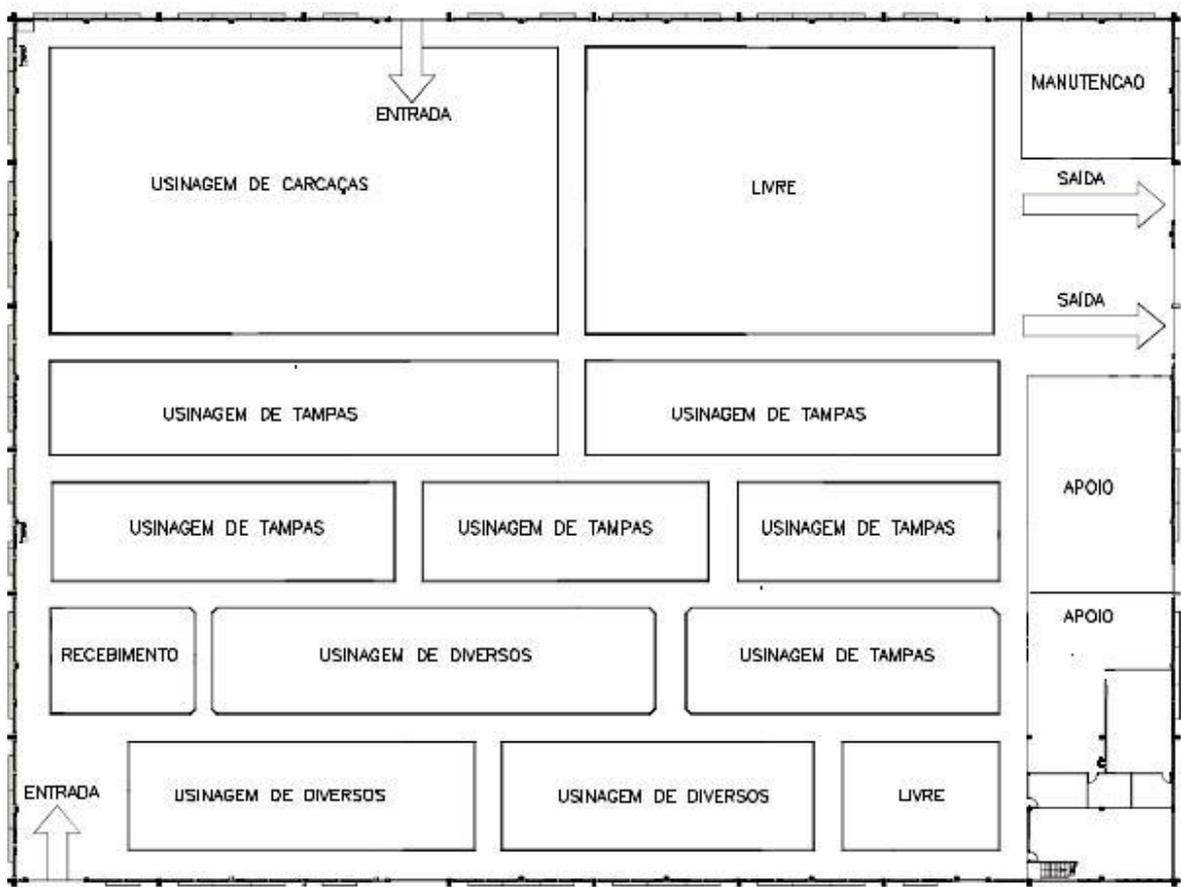


Figura 18: Layout da Usinagem de Fundidos.
Fonte: Autoria própria.

A programação das ordens de produção é feita em dois níveis: Primeiramente o MPS (*Master Production Schedule* – Programa Mestre de Produção) faz a distribuição semanal dos motores por fábrica, depois, o MRP (*Manufacturing Resource Planning* - Planejamento dos Recursos de Manufatura) desdobra a estrutura do produto, consulta os estoques e gera as necessidades para as áreas de componentes. A programação então acontece diariamente e as ordens de produção são liberadas pelos programadores que fornecem uma visão para os próximos dois dias de produção.

4.3.2 Modelo Atual de Análise de Métodos e Tempos

Nesta seção será apresentada a forma como é feita a implantação dos tempos padrão nos roteiros de fabricação dos componentes.

A empresa já trabalha com o método MTM em algumas unidades montadoras de motores, onde predominam os processos que necessitam basicamente de trabalhos manuais. Porém, nas áreas de componentes usinados 100% dos tempos implantados foram definidos por cronoanálise. O MTM nestas áreas foi aplicado apenas durante os Treinamentos, por meio dos exercícios de fixação e em uma célula de usinagem, feitos para completar os cursos de capacitação dos analistas na metodologia de tempos predeterminados. Portanto, dentro da estrutura da Engenharia Industrial, a empresa conta com mais de 20 profissionais treinados para analisar e implantar trabalhos de MTM-1, UAS e MTM LOG.

Na Cronoanálise, conforme foi exposto no Capítulo 3, o tempo padrão é definido pela correção do tempo cronometrado considerando o ritmo avaliado, a fadiga e as concessões ou tolerâncias indicadas para a atividade. A Figura 4.4 mostra como está estruturada a sequência da cronoanálise na empresa.

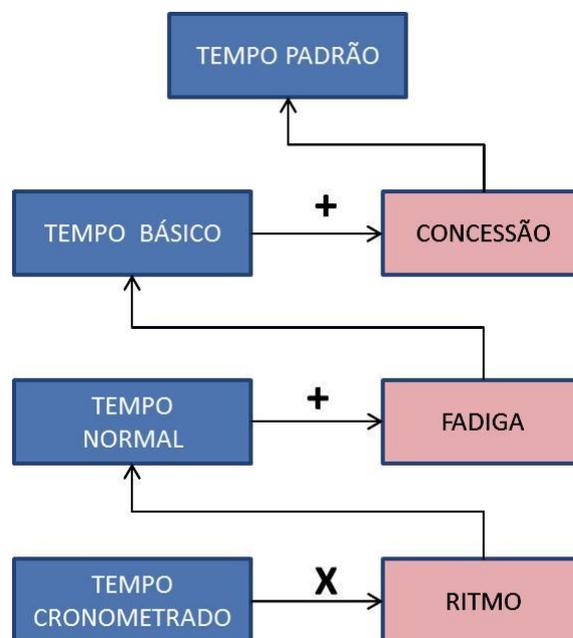


Figura 19 Estrutura para definição do tempo padrão por cronoanálise.
Fonte: Autoria própria.

Observa-se na Figura 4.4, que o tempo cronometrado é corrigido pelo ritmo de trabalho, chegando-se ao tempo normal que somados os fatores de fadiga e concessões, resulta no tempo padrão da atividade.

Na seção seguinte será apresentado o modelo definido para priorização e escolha dos produtos que passarão a ter seus processos analisados pelo método MTM.

4.4 CRITÉRIOS PARA PRIORIZAÇÃO DOS PRODUTOS

Primeiramente, através de consulta ao banco de dados do sistema de gestão MRP da empresa, foram listados todos os itens produzidos nos últimos 12 meses e suas respectivas quantidades, que servirão para classificar os produtos de maior demanda e orientar sobre quais produtos deverão ser priorizados na aplicação do MTM. Antes de iniciar o processo de priorização, foi montado o Quadro 1 que apresenta, em números, um resumo do sistema de produção em vigor no departamento de usinagem de fundidos.

Característica	Unidade	Valor atual (Base_2016)
Capacidade instalada	Peças / dia	34.600
Nº ordens de produção	Ordens/dia	1.800
Lote médio	Peças	58
Tipos de produtos processados	Itens ativos	12.670
Inclusão diária de novos produtos	Quant.	07
Centros de trabalho	Quant.	78
Nº de roteiros de fabricação implantados	Quant.	41.520
Inclusão diária de novos roteiros	Quant.	22
Nº de analistas de métodos e tempos	Quant.	02
Tempo médio de fabricação	min.	0,980
Tempo médio de <i>setup</i>	min.	11
% utilização dos recursos com <i>setup</i>	%	30%
Taxa de ocupação média dos recursos	%	65%

Quadro 2: Dados do sistema de produção atual.

Fonte: Dados do sistema SAP (2016).

Os números do quadro 2 mostram a necessidade de selecionar os materiais por grau de importância, pois, com os recursos atuais, torna-se muito difícil pensar em MTM para todos os 41.520 tempos implantados. Segundo MTM (2005), para cada minuto de uma atividade manual são necessários aproximadamente 60 minutos de avaliação, por parte do analista, para que se consiga identificar todos os movimentos envolvidos e se obtenha a codificação do movimento e o seu respectivo tempo TMU. A partir destes dados pretende-se estimar quanto

tempo seria necessário caso o analista utilizasse o método MTM para a avaliação de 100% dos roteiros implantados. Para isso, foi necessário separar, a partir das folhas de cronometragens, os tempos manuais dos tempos máquina, pois como visto no Capítulo 3, o MTM aplica-se apenas às atividades que se caracterizam basicamente por possuírem movimentos manuais.

A separação da parcela dos tempos manuais dos tempos máquina no ciclo do processo foi feita a partir da análise de 50 folhas de cronometragens, escolhidas aleatoriamente, cadastradas no arquivo da Engenharia Industrial conforme exemplo mostrado na Figura 4.7. Primeiramente, fez-se uma classificação inicial dos produtos, tendo como elemento de referência a sua representatividade no custo final do motor elétrico, visando priorizar, por ordem de importância, os 12.670 produtos existentes e que são processados no Departamento de Usinagem. O critério de classificação por custos foi escolhido como o primeiro elemento de filtragem dos produtos, pois, como apresentado no Capítulo 1, citado por Novaski e Sugai (2002), a redução dos custos de fabricação, através do uso MTM, pode se tornar um diferencial competitivo para as empresas e contribui para a garantia de sua sobrevivência.

A classificação por custo foi feita considerando a parcela dos componentes usinados no custo industrial do motor, apresentado na Figura 4.5, e quanto representa cada família de componente usinado (carcaças, tampas e diversos) nesta parcela, ver Figura 4.6 posteriormente.

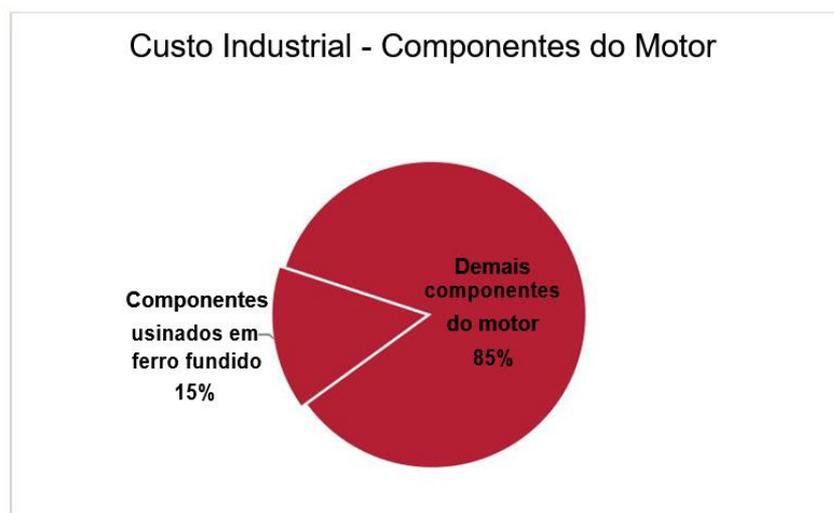


Figura 20: Representatividade do componente usinado no custo do motor.
Fonte: Autoria própria.

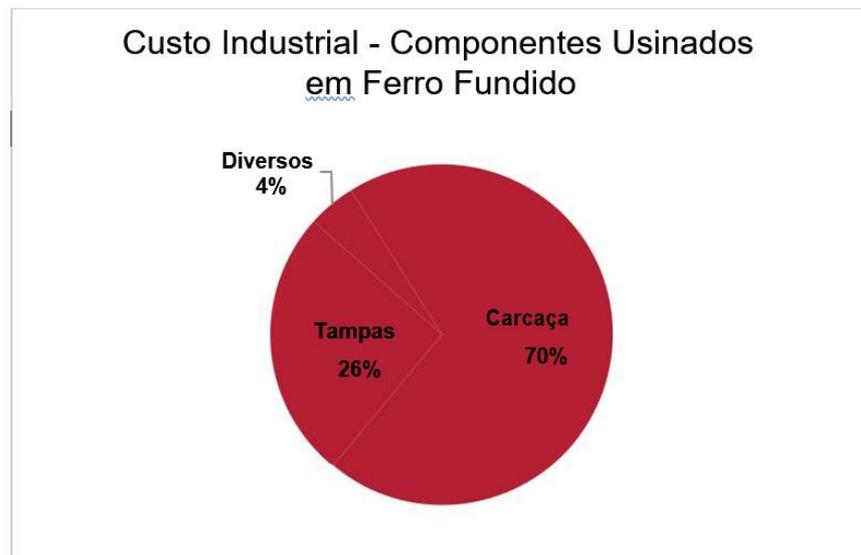


Figura 21: Parcela dos componentes no custo industrial.
Fonte: Autoria própria.

Conclui-se, a partir das Figuras 4.5 e 4.6, que os componentes diversos (anéis, caixas de ligação e ventiladores) podem ser descartados da análise, pois estes representam menos de 1% na composição do custo industrial do motor.

A classificação por tipo de produto foi feita após a estratificação dos 12.670 itens de produtos ativos separando-os por quantidades nos três grupos existentes. O resultado desta estratificação é apresentado a seguir:

- 1.580 itens de carcaças usinadas;
- 2.890 itens de tampas;
- 8.200 itens de componentes diversos.

Portanto, podemos considerar a partir deste ponto que o estudo se concentrará em analisar apenas os 4.470 itens que representam a soma dos tipos de produtos classificados como carcaças e tampas.

Desta forma a separação dos tempos manuais do tempo total aplica-se apenas a duas famílias de produtos, e a forma que esta separação foi realizada é exemplificada na Figura 4.7.

FOLHA DE CRONOMETRAGEM											Data:							
											22/11/2013							
Operador:	Tumo: 2 ^a		Cron.:	Estudo:	Cód.Mat.: 12130312	Folha Nº:		01	de	01								
Produto:	TAMPA DIANT USIN 132 W22 V/RING		Nº:	Material: F1F1	CT.: 01071011	Local: US FLUIDIDOS												
Operação:	USINAR ENC/ROL/FURO/FIX/DRENO (USINAR ENC/ROL/FUR)										Obs.:							
Nº	Elementos		Ciclos										T.C.	RIT	T.N.	Freq.	Fadiga	Tempo Básico
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
01	TROCAR PEÇA E ACIONAR (TEMPO MANUAL)	T	0,060	0,070	0,080	0,060	0,080	0,040	0,080	0,050	0,070	0,070	0,067	100%	0,067	1	9,3%	0,073
	L																	
02	SUBIR MESA E AVANÇAR (TEMPO MÁQUINA)	T	0,040	0,040	0,040	0,050	0,040	0,040	0,040	0,050	0,050	0,040	0,043	100%	0,043	1	9,3%	0,047
	L																	
03	USINAR ENC/ROL/FUR (TEMPO MÁQUINA)	T	0,370	0,400	0,360	0,380	0,370	0,380	0,370	0,370	0,370	0,380	0,375	100%	0,375	1	9,3%	0,410
	L																	
04	RECUAR MESA E PROTEÇÃO (TEMPO MÁQUINA)	T	0,040	0,050	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,041	100%	0,041	1	9,3%	0,045
	L																	
05	ABASTECER MAQUINA (TEMPO MANUAL)	T	0,160										0,160	100%	0,160	4	9,3%	0,044
	L																	
06	TROCAR FERRAMENTA (TEMPO MANUAL)	T	0,043										0,043	100%	0,043	1	0,0%	0,043
	L																	
07		T																
	L																	
08		T																
	L																	
09		T																
	L																	
Obs:			Tempo Básico Total:				0,662	min	Produção Horária:				36,4	pc/h	Concessão:	5%		
			Tempo Padrão:				0,695	min										

Figura 22: Separação dos tempos manuais dos tempos máquina.

Fonte: Autoria própria.

Observa-se no exemplo da Figura 4.7 que a soma dos tempos manuais é de 0,16 minutos, o que representa apenas 24% do tempo total básico de 0,662 minutos.

Na sequência, nas Tabelas 5 e 6, é apresentado o resumo das avaliações feitas em 50 folhas de cronometragens separando os tempos manuais dos tempos máquina para as famílias de produtos carcaças e tampas usinadas.

Produto	Centro de trabalho	Operação	Tempo manual (min.)	Tempo total (min.)
Carcaça usinada	1067002	Furar fixação da tampa	0,112	0,824
Carcaça usinada	1067003	Usinar diâmetro interno	0,083	0,705
Carcaça usinada	1067003	Usinar interno e pés	0,120	1,205
Carcaça usinada	1067003	Usinar interno e pés	0,216	1,338
Carcaça usinada	1067008	Furar fixação da tampa	0,192	0,781
Carcaça usinada	1067009	Usinar interno e pés	0,099	0,621
Carcaça usinada	1067009	Furar fixação da tampa	0,179	0,773
Carcaça usinada	1067009	Usinar interno e pés	0,057	0,602
Carcaça usinada	1067009	Usinar encaixe	0,209	1,875
Carcaça usinada	1067009	Usinar encaixe	0,243	2,243
Carcaça usinada	1067013	Usinar interno e pés	0,128	0,783
Carcaça usinada	1067013	Usinar interno e pés	0,119	1,148
Soma tempos			1,757	12,898
Participação dos tempos manuais			13,6%	

Tabela 5 Participação dos tempos manuais na usinagem de carcaças.

Fonte: Autoria própria.

Produto	Centro de trabalho	Operação	Tempo manual (min.)	Tempo total (min.)
Tampa dianteira	1067040	Tornear 1º lado	0,361	1,920
Tampa traseira	1067040	Tornear 1º lado	0,575	1,426
Tampa flangeada	1067044	Tornear flange	0,383	1,285
Tampa flangeada	1067044	Tornear flange	0,186	0,807
Tampa dianteira	1067046	Tornear 1º lado	0,278	2,734
Tampa defletora	1067046	Tornear 1º lado	0,493	1,389
Tampa traseira	1067047	Tornear 1º lado	0,409	1,310
Tampa traseira	1067047	Tornear 1º lado	0,327	1,813
Tampa dianteira	1067047	Tornear 1º lado	0,390	1,651
Tampa traseira	1067017	Mandrilar encaixe e cubo	0,173	1,035
Tampa traseira	1067004	Mandrilar encaixe e cubo	0,143	0,776
Tampa traseira	1067004	Mandrilar encaixe e cubo	0,159	0,820
Tampa traseira	1067007	Tornear 1º lado	0,190	1,380
Tampa dianteira	1067008	Tornear 1º lado	0,237	2,251
Tampa dianteira	1067008	Tornear 1º lado	0,211	1,744
Tampa flangeada	1067008	Tornear 1º lado	0,239	2,496
Tampa traseira	1067013	Tornear flange	0,184	1,196
Tampa traseira	1067010	Mandrilar encaixe e cubo	0,175	0,687
Tampa traseira	1067010	Mandrilar encaixe e cubo	0,171	0,676
Tampa flangeada	1067011	Mandrilar encaixe e cubo	0,281	0,859
Tampa dianteira	1067011	Mandrilar encaixe e cubo	0,160	0,662
Tampa dianteira	1067018	Mandrilar encaixe e cubo	0,154	0,894
Tampa dianteira	1067020	Furar fixação	0,237	1,095
Tampa dianteira	1067020	Furar fixação	0,176	1,146
Tampa dianteira	1067020	Furar fixação	0,228	1,146
Tampa dianteira	1067042	Tornear flange	0,354	1,420
Tampa traseira	1067042	Tornear flange	0,333	1,522
Tampa dianteira	1067042	Tornear flange	0,342	1,362
Tampa flangeada	1067042	Tornear flange	0,246	0,810
Tampa flangeada	1067042	Tornear flange	0,309	1,146
Tampa dianteira	1067042	Tornear flange	0,246	0,810
Tampa defletora	1067042	Tornear flange	0,612	4,858
Tampa flangeada	1067044	Tornear flange	0,201	0,803
Tampa flangeada	1067044	Tornear flange	0,111	0,800
Tampa dianteira	1067011	Mandrilar encaixe e cubo	0,232	0,691
Tampa flangeada	1067013	Tornear flange	0,239	1,094
Tampa flangeada	1067013	Tornear flange	0,275	1,154
Tampa flangeada	1067013	Tornear flange	0,228	0,785
		Soma tempos	10,248	50,453
		Participação dos tempos manuais	20,3%	

Tabela 6: Participação dos tempos manuais na usinagem de tampas.
Fonte: Autoria própria.

Com esses dados, elaborou-se uma fórmula para calcular o tempo necessário para um analista implantar 100% dos tempos de processo, para carcaças e tampas, utilizando a metodologia MTM. Primeiramente, é preciso analisar, que mostra o número de roteiros de fabricação implantados e separá-los por tipo de produto, sabendo que os roteiros estabelecidos para componentes diversos já foram descartados pelo critério do custo industrial. Essa separação resultou em uma distribuição dos roteiros por família de produtos, apresentada a seguir:

- 2.560 roteiros com tempos implantados para carcaças;
- 17.740 para tampas;
- 21.220 tempos padrão em componentes diversos.

Depois de feitas todas as ponderações necessárias estabeleceu-se a fórmula para estimar o tempo de implantação para todos os itens selecionados:

$$TI = TMF [(NTc \times PMc) + (NTt \times PMt)] \times 60 \quad \text{Onde:}$$

- TI = Tempo necessário para implantar os processos pelo método MTM;
- TMF = Tempo médio de fabricação
- NTc = Número de tempos padrão implantados para carcaças;
- PMc = Parcela dos tempos manuais na usinagem de carcaças (Tabela 5);
- NTt = Número de tempos padrão implantados para tampas;
- PMt = Parcela dos tempos manuais na usinagem de tampas (Tabela 6).
- Constante 60 = Tempo estimado em minutos para analisar cada minuto de operação manual pelo método MTM.

Aplicando a fórmula tem-se:

$$TI = 0,980 [(2.560 \times 0,136) + (17.740 \times 0,203)] \times 60$$

TI = 232.223 minutos = 3.870 horas ou 484 dias de trabalho equivalentes a 02 anos de trabalho contínuo sem considerar a inclusão diária de 07 novos itens de produtos e 22 roteiros de fabricação no sistema.

Constatou-se a partir desse resultado que é necessária uma nova estratificação para selecionar os itens de produtos mais representativos dentro das famílias estudadas. Para isso utilizou-se o método de priorização pela curva ABC que é apresentado a seguir.

Para a elaboração das curvas foram descartados os itens de produtos que estão ativos, porém não foram produzidos nos últimos 12 meses considerados no estudo. Desta forma a quantidade de tipos de materiais foi reduzida significativamente, estabelecendo um novo patamar de variedade de produtos conforme indicado a seguir:

- Itens de carcaças \Rightarrow de: 1.580 para: 630
- Itens de tampas \Rightarrow de: 2.890 para: 1.300

Restaram, portanto 1.930 diferentes produtos que foram classificados conforme demanda e ordenados nas curvas ABC, como é mostrado nas Figuras 4.8 e 4.9. Desta forma, corrigindo a diretriz do estudo de caso, apresentam-se as curvas ABC, classificadas por demanda de produção nos últimos 12 meses, para os produtos carcaças e tampas usinadas, que foram selecionados anteriormente pelo critério de custos industriais.

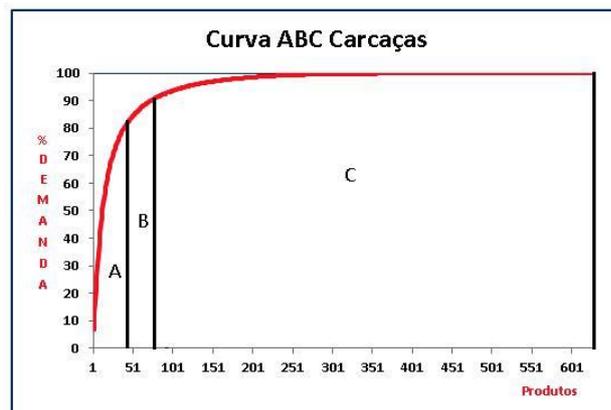


Figura 23: Curva ABC carcaças.
Fonte: Autoria própria.

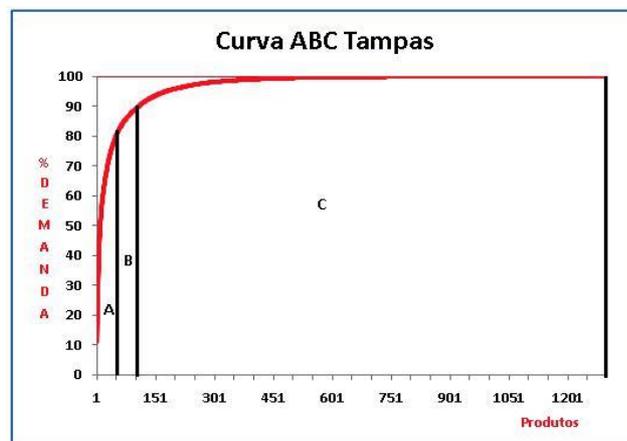


Figura 24: Curva ABC tampas.
Fonte: Autoria própria.

As duas curvas apresentaram um comportamento diferente da demanda se comparadas à curva clássica ABC, na qual 20% dos materiais - os de classe A - são responsáveis por 80% da demanda. Neste caso, foram necessários apenas 12% dos tipos de materiais de carcaças e 7,6% de tampas para se atingir 90% da demanda, compreendendo os materiais de classe A e B.

A partir do exposto é possível afirmar que o modelo de análise de tempos utilizando o MTM pode ser aplicado nos itens de produtos que representam 90% da demanda de componentes usinados e que estes somam apenas 175 diferentes modelos de produtos, sendo 75 modelos de carcaças e 100 tipos diferentes de tampas.

Após esta conclusão, aplica-se novamente a fórmula estabelecida para estimar o tempo necessário de implantação do MTM, agora apenas para os produtos selecionados que representam 90% da demanda produzida. Para isso é necessário considerar o número de roteiros com tempo padrão implantados para os produtos remanescentes.

Mantendo a mesma relação da análise anterior, na qual para cada tipo de carcaça temos 1,62 roteiros implantados e 6,13 roteiros para cada modelo de tampa, teremos:

- 1,62 roteiros por tipo de carcaça x 75 tipos = 120 roteiros de carcaça;
- 6,12 roteiros por tipo de tampa x 100 tipos = 613 roteiros para tampas.

Na fórmula:

$$TI = TMF [(NTc \times PMc) + (NTt \times PMt)] \times 60$$

$$TI = 0,980 [(120 \times 0,136) + (613 \times 0,203)] \times 60$$

$$TI = 8.280 \text{ minutos}$$

Estimam-se então 138 horas de trabalho do analista de métodos e tempos para a realização de todas as análises dos movimentos manuais compreendidos nas operações de usinagem dos itens selecionados, que representam 90% da demanda efetivamente produzida. Na sequência, a projeção dos ganhos com a implantação do MTM nos processos relacionados.

4.5 OS BENEFÍCIOS DO MTM NAS FAMILIAS SELECIONADAS

Na Seção 4.3.2 foi explanado que todos os tempos de processos implantados atualmente foram definidos pelo critério da cronoanálise. Este método é amplamente utilizado em produtos que não possuem produção seriada em grandes quantidades, pois simplifica o

trabalho do analista, tornado mais ágil a definição do tempo padrão, embora a falta de previsibilidade e a baixa quantidade da ordem de produção possam representar dificuldades para o analista planejar e realizar as cronometrias obtendo a confiabilidade requerida.

Tomando como referência os elementos da Figura 4.7, em que foram realizados 10 ciclos de cronometragens, e o tempo médio de fabricação de 0,980 minutos, conclui-se que são necessários apenas em torno de 10 minutos de análise para se chegar ao tempo padrão de uma operação.

Na metodologia MTM, aplicando a fórmula de TI, teríamos um tempo estimado de 01 hora para a avaliação do mesmo método em análise.

Nesta etapa é necessário investigar qual o nível de assertividade dos tempos atuais implantados por cronoanálise e comparar os ganhos com o uso da metodologia de tempos predeterminados, pois, segundo MTM (2005), o método MTM UAS garante um grau de precisão de +/- 5% em relação ao tempo real.

Para esta avaliação buscou-se outro banco de dados da empresa que compila todos os resultados das auditorias internas feitas em todos os departamentos produtivos e processos ligados à fabricação de motores.

A NBR ISO 19011 (ABNT, 2002), define auditoria como sendo o processo sistemático, documentado e independente para obter evidências e avaliá-las objetivamente para determinar a extensão na qual os critérios são atendidos.

Segundo Araújo (2004) *apud* Almeida (2008), as auditorias internas são normalmente mais eficientes para a organização devido à possibilidade de utilizar um tempo maior de execução que as auditorias externas (aquelas que são realizadas por auditores independentes), 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.

Na empresa estudada, esse processo de auditorias é realizado aleatoriamente por 120 profissionais ligados ao Departamento de Engenharia Industrial e que, desde sua implantação em janeiro de 2015, já registraram mais de 8.500 avaliações de processos, que incluem a verificação *in loco* do seguimento dos roteiros, ferramentais, parâmetros de processos, documentação e tempos padrão especificados.

Para a aplicação neste estudo foram selecionados apenas os dados registrados relativos ao Departamento de Usinagem de Fundidos e que possuem relação com o tempo de fabricação, que são os parâmetros de processos que determinam a velocidade da usinagem e

os ferramentais, responsáveis pelo desempenho dos parâmetros estabelecidos. O resumo extraído deste banco de dados é apresentado na Tabela 7.

Departamento	Auditorias		Parâmetros		Ferramental	
	Realizadas	Tempo Padrão	E.C.	N.C.	E.C.	N.C.
Usinagem de						
Fundidos	498		82%	18%	95%	5%89% 11%

E.C. = Especificação correta

N.C. = Especificação não conforme

Tabela 7 Resumo das auditorias de processos.

Fonte: Banco de dados Engenharia Industrial.

Pelos critérios da empresa, para que o tempo padrão seja considerado fora do especificado e conseqüentemente não conforme, é necessário que este esteja estabelecido em uma margem de mais 5% e menos 10% em relação ao tempo real.

Utilizando a mesma base de dados das auditorias, verificou-se que entre os 18% de roteiros com tempo padrão não conformes, apresentados na Tabela 7, 78% dos roteiros estão com erros entre 10% a 15% e 22% com erros que variam entre 16% e 30%.

Com esses dados é possível estabelecer os resultados a serem alcançados com a implantação do MTM nos roteiros selecionados. Esses resultados podem ser expressos em minutos por peça, ganhos pela assertividade do método, e convertidos a uma parcela equivalente ao custo industrial de transformação – agregação de valor no produto final - neste caso, o motor elétrico.

Para o cálculo do ganho em minutos foi utilizado como regra o erro máximo encontrado em cada uma das faixas de avaliação, ou seja, 15% e 30% dos 18% dos roteiros que se encontram na situação “não conforme” nas auditorias.

Nesta fase, considerou-se novamente o tempo médio de fabricação como base para a formulação dos ganhos com a assertividade do método e foram elaboradas as fórmulas para o cálculo, separando as famílias de carcaças e tampas:

$$\text{Carcaças: } GTc = TMF [(PMc \times 0,78 \times 0,15) + (TMc \times 0,22 \times 0,30)] \quad \text{Tampas: } GTt = TMF [(PMt \times 0,78 \times 0,15) + (PMt \times 0,22 \times 0,30)] \times 2$$

Onde:

- GTc = Ganhos com a assertividade do método (minutos / carcaça);
- GTt = Ganhos com a assertividade do método (minutos / tampas);

- TMF = Tempo médio de fabricação;
- PMc = Parcela dos tempos manuais na usinagem de carcaças (Tabela 4.1);
- PMt = Parcela dos tempos manuais na usinagem de tampas (Tabela 4.2);
- Constantes 0,78 e 0,15 correspondem a 78% dos produtos que estão com erro no tempo padrão de até 15%;
- Constantes 0,22 e 0,30 correspondem a 22% dos produtos que estão com erro no tempo padrão de até 30%.
- Constante 2 = representa o número de tampas usinadas em cada motor.

Aplicando as fórmulas tem-se:

$$GTc = 0,980 [(0,136 \times 0,78 \times 0,15) + (0,136 \times 0,22 \times 0,30)]$$

$$GTc = \mathbf{0,023min}$$

$$GTt = 0,980 [(0,203 \times 0,78 \times 0,15) + (0,203 \times 0,22 \times 0,30)] \times 2$$

$$GTt = \mathbf{0,072min}$$

Somando os dois resultados obteve-se 0,095 minutos de ganho com a assertividade dos tempos padrão implantados pelo método MTM para cada motor montado.

A partir destes dados procurou-se descobrir qual a importância dos ganhos no custo final do motor considerando a parcela de cada componente na composição do custo. Para tanto, abordamos novamente as Figuras 4.5 e 4.6 que mostram a importância relativa de cada componente nesta composição.

A Figura 4.5 mostra que 15% do custo do motor são representados pelos componentes fundidos usinados, porém, precisamos descartar desta avaliação os componentes diversos que representam apenas 4% entre as três famílias analisadas (Figura 4.6), restando então 96% de participação para as carcaças e tampas. Desta maneira, pode-se calcular o ganho da seguinte forma:

Considera-se 0,095 (minutos de ganho com o MTM na usinagem de componentes fundidos) / 0,980 (tempo médio de fabricação) = 9,7% de resultado na assertividade dos tempos.

Se as duas famílias analisadas representam 96% entre os 15% que compõem o custo final do motor, tem-se:

$$9,7 \times 0,96 \times 0,15 = \mathbf{1,4\%}$$

Ou seja, para 18% dos roteiros de componentes fundidos usinados que estão implantados com tempos de fabricação diferentes do tempo real, teríamos um ganho de 1,4% de assertividade no cálculo do custo de transformação do motor.

Desta forma, chega-se ao número final que representa os benefícios do MTM na avaliação de processos de produção não seriados do estudo de caso analisado.

4.6 APLICAÇÃO DO MTM EM UMA CÉLULA PILOTO

Um centro de usinagem que realiza operações de furação e rosqueamento em tampas flangeadas foi escolhido para a aplicação do MTM UAS como forma de validação da metodologia e comparação com o modelo atual por tempo cronometrado. A escolha deste centro é justificada por possuir folhas de cronometragens atualizadas e produzir tampas que estão incluídas no grupo A da curva ABC de demanda. Este centro possui um *layout* bem definido e não sofre alteração na sequencia de movimentos quando é alterado o modelo de produto a ser usinado.

O dispositivo de fixação das peças na máquina comporta duas tampas simultaneamente, conforme mostra a Figura 4.10, que são carregadas e retiradas manualmente, e, quando estão em processo de usinagem, são fixadas automaticamente por mecanismos hidráulicos. O ciclo de usinagem acontece de forma automática sem a necessidade de intervenção por parte do operador.

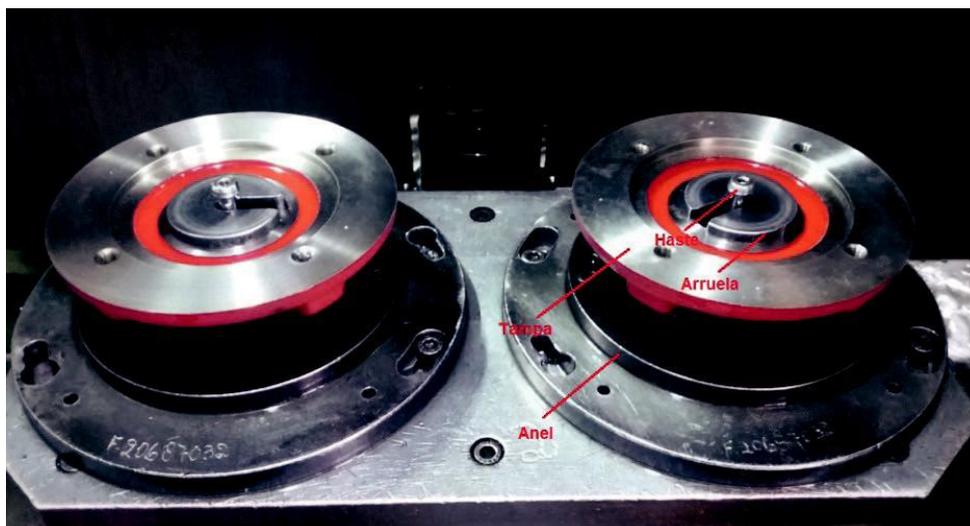


Figura 25: Dispositivo de fixação das tampas.
Fonte: Autoria própria.

Para a elaboração da planilha MTM foi realizada uma filmagem do processo completo para posterior análise dos movimentos e a separação destes com seus respectivos tempos predeterminados em TMU. O resultado desta avaliação é apresentado na Figura 4.11.

Seq.	Módulo	Descrição	Código	TMU	Q	F	Freq	Total
1	Retirar peças do pallet da máquina e colocar na bancada	Retirar arruelas de travamento e colocá-las sobre o pallet	AA3	50	1	1	1/2	25,0
2		Pegar peça N.1	AH3	55	1	1	1/2	27,5
3		Girar corpo para alcançar bancada	KA	25	1	1	1/2	12,5
4		Colocar peça N.1 na bancada	PA2	20	1	1	1/2	10,0
5		Girar corpo para alcançar pallet	KA	25	1	1	1/2	12,5
6		Pegar peça N.2	AH3	55	1	1	1/2	27,5
7		Girar corpo para alcançar bancada	KA	25	1	1	1/2	12,5
8		Colocar peça N.2 na bancada	PA2	20	1	1	1/2	10,0
9	Pegar peça bruta e colocar na máquina	Girar corpo para alcançar peça bruta	KA	25	1	1	1/2	12,5
10		Pegar peça bruta N.1 e colocar no pallet	AK3	85	1	1	1/2	42,5
11		Posicionar peça N.1 no anel	PA1	10	1	1	1/2	5,0
12		Girar corpo para alcançar peça bruta N.2	KA	25	1	1	1/2	12,5
13		Pegar peça bruta N.2 e colocar no pallet	AK3	85	1	1	1/2	42,5
14	Posicionar peça N.2 no anel	PA1	10	1	1	1/2	5,0	
15	Colocar arruelas de travamento	Pegar 1° arruela e colocar na haste	AB2	45	1	1	1/2	22,5
16		Visualizar posição das peças	VA	15	1	1	1/2	7,5
17		Colocar 2° arruela na haste	PA2	20	1	1	1/2	10,0
18	Acionar fechamento da haste e da porta	Acionar fechamento da haste	BA3	40	1	1	1/2	20,0
19		Visualizar fechamento da haste	VA	15	1	1	1/2	7,5
20		Acionar fechamento da porta	BA1	10	1	1	1/2	5,0
21	Usinar peça	Fechar porta / usinar peça e abrir porta	PTSE Q	1480	1	1	1/2	740,0
22	Guardar peças na grade	Deslocar até bancada	KA	25	1	1	0	0,0
23		Pegar peça N.1 da bancada	AH3	55	1	1	0	0,0
24		Deslocar até a grade	KA	25	1	1	0	0,0
25		Colocar peça N.1 na grade	PA1	10	1	1	0	0,0
26		Pegar peça N.2 da bancada	AH3	55	1	1	0	0,0
27		Colocar peça N.2 na grade	PA1	10	1	1	0	0,0
28		Inspeccionar	Medir peças	PTSE Q	1480	1	1	1/20
29	Passar óleo e trocar divisórias	Passar óleo nas peças e trocar divisória	PTSE Q	765	1	1	1/35	21,9

TMU Total	Minutos	Fol	TP (min)
1165,86	0,70	5,00%	0,734

Figura 426: Carta MTM UAS do centro de usinagem de tampas.
Fonte: Autoria própria.

FOLHA DE CRONOMETRAGEM													Data:					
													21/08/2016					
Operador:		Turno:	1*	Cron.:		Estudo:		Cód.Mat.:	10024007	Folha Nº:	01	de	01					
Produto:	TAMPA FLANG USIF FC-105 63 W21 VRING	Nº:		Material:	PP*	CT.:	01071051	Local:	USINAGEM DE FUNDIDOS C.									
Operação:	TROCAR PEÇA ACIONAR E USINAR PEÇA											Obs.:						
Nº	Elementos	Ciclos										T.C.	RIT	T.N.	Freq.	Fadiga	Tempo Básico	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
01	RETIRAR PÇ DA MÁQUINA E COLOCAR NA BANCADA	T	0,150	0,153	0,155	0,158	0,159	0,159	0,160	0,158	0,157	0,158	0,157	100%	0,157	1	10,5%	0,087
	L																	
02	PEGAR PEÇA BRUTA E COLOCAR NA MÁQUINA	T	0,151	0,149	0,152	0,149	0,151	0,153	0,155	0,155	0,158	0,158	0,153	100%	0,153	1	10,5%	0,085
	L																	
03	COLOCAR ARRUELAS	T	0,049	0,048	0,047	0,045	0,047	0,045	0,046	0,048	0,047	0,047	0,047	100%	0,047	1	10,5%	0,026
	L																	
04	ACIONAR FECHAMENTO DA HASTE E DA PORTA	T	0,033	0,033	0,032	0,033	0,034	0,033	0,034	0,033	0,035	0,032	0,033	100%	0,033	1	10,5%	0,018
	L																	
05	TROCAR FERRAMENTA E AVANÇAR	T	0,047	0,047	0,046	0,047	0,046	0,047	0,047	0,046	0,046	0,047	0,047	100%	0,047	1	0,0%	0,023
	L																	
06	FURAR FLANGE	T	0,361	0,362	0,362	0,362	0,362	0,363	0,362	0,363	0,362	0,362	0,362	100%	0,362	1	0,0%	0,181
	L																	
07	RECUAR TROCAR FERRAMENTA E AVANÇAR	T	0,032	0,031	0,031	0,033	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,031	0,032	100%	0,032	1	0,0%	0,016
	L																	
08	ESCAREAR FLANGE	T	0,107	0,108	0,107	0,107	0,107	0,106	0,107	0,106	0,107	0,107	0,107	100%	0,107	1	0,0%	0,053
	L																	
09	RECUAR TROCAR FERRAMENTA E AVANÇAR	T	0,032	0,032	0,032	0,033	0,033	0,032	0,033	0,032	0,032	0,032	0,032	100%	0,032	1	0,0%	0,016
	L																	
10	ROSCAR FLANGE	T	0,270	0,269	0,269	0,270	0,271	0,271	0,270	0,270	0,270	0,270	0,270	100%	0,270	1	0,0%	0,135
	L																	
11	RECUAR FERRAMENTA E ABRIR PORTA	T	0,038	0,037	0,037	0,038	0,038	0,039	0,039	0,038	0,038	0,038	0,038	100%	0,038	1	0,0%	0,019
	L																	
12	MEDIR PEÇAS	T	0,805										0,805	100%	0,805	1	10,5%	0,044
	L																	
12	PASSAR OLEO E TROCAR DIVISÓRIAS	T	0,279										0,279	100%	0,279	1	10,5%	0,009
	L																	
Obs:	Tempo Básico Total:		0,713				min		Produção Horária:				80,2		pg/h		Concessão: 5%	
	Tempo Padrão:		0,749				min											

Figura 27: Folha de cronometragem centro de usinagem de tampas.
Fonte: Autoria própria.

Observa-se, comparativamente, a partir das Figuras 4.11 e 4.12, que os modelos de avaliação de métodos feitos pelo modo MTM ou por cronoanálise apresentam resultados similares na definição do tempo padrão. Esta aplicação prática resultou em uma diferença de apenas 2% entre os dois métodos (Tempo Padrão de 0,734 min no MTM e de 0,749 min na cronoanálise). Na avaliação feita pelo MTM podem-se identificar, com mais detalhes, os movimentos executados pelo operador durante a execução do ciclo. Este detalhamento facilita a análise do método e oferece subsídios para a condução dos trabalhos de melhorias de processos, pois, através dele, é possível identificar as atividades que não agregam valor à operação e poderiam ser reduzidas ou eliminadas.

Esta etapa finaliza o estudo de caso e, no capítulo seguinte, será apresentada uma avaliação sobre os principais resultados do estudo.

5 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Esta etapa apresenta um resumo dos resultados obtidos com base nos fatores fundamentais considerados durante a pesquisa:

- Benefícios ergonômicos associados ao MTM;
- Planejamento da capacidade produtiva;
- Aplicabilidade da ferramenta na produção de produtos não seriados;
- Resultados aliados ao custo de fabricação dos produtos.

O MTM traz como principal vantagem os benefícios aliados aos fatores ergonômicos conforme mencionado no Capítulo 3 e citado por Caragnado e Lavatelli (2012). Neste estudo pode-se observar que estes fatores não possuem relevância, pois os tempos de ciclos, próximos de 1 minuto, são elevados para os padrões considerados como sendo de esforços repetitivos e os tempos manuais representam menos de 25% no ciclo total, possibilitando desta forma, condições de recuperação dos esforços realizados basicamente para abastecer e descarregar as máquinas para os processos de usinagem.

Além das questões ergonômicas, o MTM fornece ferramentas que auxiliam no planejamento da capacidade produtiva das empresas e de suas estratégias de produção. Pode-se afirmar que a confiabilidade dos dados no modelo atual, superior a 90%, não compromete decisões estratégicas relacionadas a tempos de fabricação.

No que diz respeito ao atingimento dos objetivos, estes foram plenamente atendidos, pois foram avaliados 100% dos tipos de produtos existentes e conseguiu-se definir uma sistemática para a priorização destes, que foram selecionados pelos critérios de custo e demanda, e assim aplicar a metodologia MTM em apenas 1,4% dos tipos de produtos que representam 90% da demanda de produção e 96% de parcela na composição dos custos. Também foi possível identificar as deficiências do modelo atual de definição dos tempos por cronoanálise e que apresenta 18% dos roteiros de fabricação com divergências de até 30% entre o tempo padrão implantado e o tempo real, além de apresentar os ganhos com a implantação da metodologia nos produtos selecionados.

Avaliando o resultado final constatou-se que as características da empresa de possuir elevada diversidade de produtos, variação de demanda por tipo e tamanhos de lotes de produção relativamente baixos, não permitem ao MTM trazer grandes benefícios na redução das perdas, pois o modelo atual apresenta confiabilidade nos dados cadastrados. No entanto, é

importante ressaltar que o MTM trará os benefícios da padronização dos métodos, que é um ponto a ser melhorado, pois, como visto no capítulo anterior, as folhas de cronometragens não apresentam os parâmetros de processo utilizados, não registram os ferramentais da operação e tampouco a sequência dos movimentos que o operador deve seguir para a execução de suas tarefas.

6 CONCLUSÃO

A conclusão que se chega após a realização deste trabalho é que apesar de todos os benefícios oferecidos pelo MTM, pode-se comprovar que a aplicação desta metodologia não é recomendada em produtos não seriados que se caracterizam por possuírem processos em que predominam os tempos máquina e não apresentam elevados volumes de fabricação em ciclos repetitivos, pois os esforços necessários para a sua implantação em todos os produtos e processos não são recompensados pelos resultados obtidos. No caso estudado, a contribuição do MTM para melhorar a assertividade dos tempos padrão implantados representa apenas 1,4% no cálculo do custo de transformação do produto final, e esta diferença é considerada insignificante, pois apenas para o passivo dos processos implantados que estão com valores fora das tolerâncias aceitáveis seriam necessárias 138 horas de mão de obra indireta de profissionais especializados em Engenharia de Processos.

No entanto, o uso do MTM em empresas que possuem estas características pode ser adotado como modelo alternativo aos métodos tradicionais de análise de métodos e tempos, pois o detalhamento das tarefas facilita na identificação dos desperdícios e gera uma base fundamentalmente necessária para a implantação dos trabalhos de padronização e melhorias no método do processo produtivo. Neste caso, é necessário que haja uma forma clara para a seleção dos produtos e processos a serem estudados, para que se consiga maximizar os ganhos e concentrar os esforços apenas naqueles que oferecem importância significativa na cadeia produtiva das empresas.

Os objetivos foram atingidos, pois se conseguiu elaborar um modelo de priorização dos produtos, baseado no custo e na demanda correspondente, além de ser possível identificar os ganhos com a implantação do MTM. Ainda orientado pelos objetivos, foi possível estabelecer uma relação, através de uma aplicação prática, entre o MTM e o modelo tradicional de determinação dos tempos por cronoanálise. Esse trabalho contribui para que analistas e gestores, que trabalham em condições similares relacionadas às questões de demanda, possam identificar os principais pontos de melhorias que podem ser trabalhados com o auxílio das ferramentas do MTM.

Este estudo não esgota as possibilidades de se realizar novos trabalhos que podem contribuir para complementar os resultados obtidos da aplicação do MTM em produção não seriada.

Como recomendações para trabalhos futuros sugere-se estudar a aplicação do MTM associado aos procedimentos de *set up* (preparação dos equipamentos), pois, como foram caracterizadas neste estudo, as 1.800 ordens de fabricação processadas diariamente representam 30% em tempos de *set up* das horas produtivas disponíveis e esta parcela precisa ser reduzida para que se consigam ganhos significativos de produtividade.

Outro ponto importante que se sugere como tema de estudo é a padronização dos produtos e processos, pois ela ajuda a manter a estabilidade básica que favorece a avaliação dos pontos a serem melhorados além de reduzir o tempo dispendido nos estudos MTM, buscando a eliminação dos desperdícios e o aumento da competitividade.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR ISO 19011 - **Diretrizes para auditorias de sistema de gestão da qualidade e/ ou ambiental**. Rio de Janeiro, 2002.

ALMEIDA, Denis Leandro Monteiro de. **Análise da aplicação do método MTM em empresas de manufatura**. Florianópolis, 2008

ASSOCIAÇÃO MTM DO BRASIL. **Apostila do método básico MTM**. São Paulo, SP, 2005.

ASSOCIAÇÃO MTM DO BRASIL. **Apostila processos básicos UAS**. São Paulo, SP, 2000.

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

BAYHA, F.B.; KARGER, Delmar W. **Engineered work measurement**, industrial press, New York, 1977.

BORBA, Mirna de; LINK, Clara; ZONTA, Adriano; DAROS Guilherme da Luz. Comparação dos métodos de análise de tempos pré-determinados MTM-A e MTM-UAS: um estudo de caso junto a uma linha de montagem de telefones. **Simpósio de Engenharia de Produção, 2008**, *Anais...*Bauru, 2008.

CARAGNANO G; LAVATELLI I. **ERGO-MTM Model: An integrated approach to set working times based upon standardized working performance and controlled biomechanical load**. Milan, Italy, 2012.

CHIROLI, Daiane Maria de Genaro; LEAL, Gislaine Camila Lapasini; VIEIRA, Priscilla Nunes. **Uso da cronoanálise para a implantação do plano mestre de produção**: um estudo de caso em uma empresa Avícola. INGEPRO – Inovação, Gestão e Produção, São Paulo, 2011.

COIMBRA, Euclides. **Total flow management: achieving excellence with kaizen and lean supply chains**. Kaizen Institute, 2009.

MAYNARD, H.B. **Manual de engenharia de produção** – seção 3: técnicas de medida do trabalho. São Paulo, 1970.

MAYNARD, H.B. **Manual de engenharia de produção** – seção 5: padrões de tempos pré-determinados. São Paulo, 1970.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. Estudo de Caso na Engenharia de Produção: Estruturação e recomendações para sua condução. Poli USP – **Revista Produção, 2007.**

NETO, João Luiz Viana. **Aplicação dos conceitos de fluxo total em uma empresa de motores elétricos.** UFSC, 2013.

NOVASKI, Olívio; SUGAI, Miguel. MTM Como Ferramenta para Redução de Custos. **Revista Produção On Line.** UFSC, Florianópolis, 2002.

OLIVEIRA, Solon Pereira de. **Aplicação do método MTM em linhas de montagem de trocadores de calor veicular.** Campinas, SP, 2006.

ROTHER, Mike; SHOOK John. **Aprendendo a enxergar.** Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. Lean Institute Brasil, São Paulo, 2003.

SHINGO, Shigeo. **Sistemas de produção com estoque zero.** Porto Alegre, 1996.

SILVA, Argens Valente da; COIMBRA, Rubens Ricardo de Castro. **Manual de tempos & métodos:** princípios e técnicas do estudo de tempos. São Paulo: Hemus, 1980.

SLACK, Nigel; LEWIS, Michael. **Operations Strategy.** London, England, 2011.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e controle da produção.** Editora Atlas, São Paulo, 2009.