UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DIMENSIONAMENTO E ALOCAÇÃO DE MÃO-DE-OBRA COM BASE NO TEMPO-PADRÃO PARA ELABORAÇÃO DO PLANO MESTRE DE PRODUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO.

Luciano Guilherme Albuquerque Corrêa de Oliveira

Orientador: Rodrigo José Pires Ferreira, DSc

Recife, Dezembro de 2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DIMENSIONAMENTO E ALOCAÇÃO DE MÃO-DE-OBRA COM BASE NO TEMPO-PADRÃO PARA ELABORAÇÃO DO PLANO MESTRE DE PRODUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO.

Luciano Guilherme Albuquerque Corrêa de Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito obrigatório para conclusão do curso de graduação em Engenharia de Produção, pela Universidade Federal de Pernambuco, sob a orientação do Prof. Rodrigo Ferreira.

Recife, Dezembro de 2010

O48d **Oliveira, Luciano Guilherme Albuquerque Corrêa de**.

Dimensionamento e alocação de mão-de-obra com base no tempo-padrão para elaboração do plano mestre de produção: um estudo de caso / Luciano Guilherme Albuquerque Corrêa de Oliveira. - Recife: O Autor, 2010.

viii, 56 folhas; il., tabs.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Curso de Engenharia de Produção, 2010.

Orientador: Prof. Rodrigo José Pires Ferreira.

Inclui Referência.

1. Engenharia de Produção. 2. Tempo-padrão. 3. Dimensionamento de mão-de-obra. 4. Plano Mestre de Produção I. Ferreira, Rodrigo José Pires. II. Título

658.5 CDD (22. ed.) UFPE/BCTG/2010-249

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer em primeiro lugar a Deus, por ter sempre me iluminado e permitido que eu atingisse essa importante conquista com saúde e uma vida repleta de felicidades.

Aos meus pais que nunca mediram esforços para eu obter essa vitória, sempre me mostrando o caminho a ser seguido, dando-me uma educação digna e todo o suporte necessário em todos os momentos de minha vida.

Aos meus irmãos, também tão presentes em minha vida, e que serviram de referência para o ingresso à Engenharia.

A minha namorada, Patricia, sempre preocupada com o meu sucesso e que sempre me deu muito carinho e companheirismo.

Aos meus familiares que sempre me mostraram a importância de se ter uma família estruturada e um ambiente harmonioso e afetuoso, dando-me todo o apoio sempre que necessário.

Aos amigos de faculdade que sempre compartilharam todos os momentos durante essa árdua caminhada e principalmente aos de infância, que tive a possibilidade de estabelecer laços que irão durar por toda a vida e fincar verdadeiras amizades repletas de confiança e cumplicidade que contribuíram para o meu crescimento como pessoa.

A empresa, que me forneceu um ambiente adequado para colocar em prática os ensinamentos que aprendi na universidade, além de me dar a oportunidade de trocar importantes experiências com excelentes profissionais que contribuíram bastante para a minha formação e me fizerem crescer como profissional e amadurecer como pessoa.

Gostaria de agradecer, ainda, a todos os professores do curso de Engenharia de Produção que me passaram sempre todos os conhecimentos para minha formação e ao professor Rodrigo Ferreira, que tanto ajudou na orientação e conclusão do presente trabalho.

RESUMO

Devido ao tão competitivo mercado atual, principalmente após a globalização, vem sendo essencial para a sobrevivência das empresas, a obtenção de ferramentas que lhes forneçam vantagem competitiva em relação aos seus concorrentes. Assim, é necessário possuir um sistema produtivo que seja capaz de responder com desenvoltura as inúmeras variáveis que possam vir a influenciar o Plano Mestre de Produção da organização. O dimensionamento e a alocação de mão-de-obra com base no estudo do tempo-padrão das operações podem elevar consideravelmente a eficiência da mão-de-obra envolvida no processo produtivo, resultando em um ganho circunstancial em vantagem competitiva. Desta maneira, o trabalho tem como objetivo apresentar a forma como um estudo do tempo-padrão pode ser desenvolvido em uma empresa desde a escolha dos aspectos de influência a serem considerados no processo de mensuração dos tempos nas operações constituintes do fluxo produtivo analisado, até a determinação da eficiência da mão-de-obra e a sua conseqüente alocação. Assim, foi realizado o estudo de método e de tempos com um embasamento estatístico para as amostras dos tempos operacionais padrões cronometrados para cada família de produtos, com o intuito de determinar a mão-de-obra necessária para atendimento da demanda estabelecida para o período de tempo analisado, de acordo com o planejamento da produção, e a avaliação da eficiência fabril do contingente de funcionários utilizado. Os resultados obtidos são de suma importância para organizações que estejam desejando realizar um estudo em relação à eficiência de seus recursos humanos envolvidos no processo, como também para servir de fonte de informação acadêmica para estudos futuros que contribuam para o crescimento da utilização de metodologias estratégicas que resultem em sucesso competitivo para as organizações.

Palavras-chave: Tempo-padrão; Medida do trabalho; Dimensionamento de mão-de-obra; Plano Mestre de Produção.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1
1.1 Relevância do Trabalho 2
1.2 Objetivos da pesquisa 3
1.2.1 Objetivo Geral 3
1.2.2 Objetivos Específicos 3
1.3 Estrutura do Trabalho 3
1.4 Metodologia 4
2. REFERENCIAL TEÓRICO 5
2.1 Eficiência e Produtividade 5
2.2 Projeto do Trabalho 6
2.2.1 Estudo do Método 9
2.2.2 Medida do Trabalho 11
2.2.3 Mensuração dos tempos 17
2.2.4 Fatores de tolerância 23
2.3 Balanceamento 26
2.4 Planejamento e Controle da Produção 27
3. ESTUDO DE CASO 29
3.1 Empresa estudada 29
3.2 Processo Produtivo 29
3.3 Estrutura da pesquisa 32
3.4 Levantamento dos dados 33
3.5 Dimensionamento de mão-de-obra 43
3.6 Alocação e eficiência da mão-de-obra 46
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS 49
5. CONCLUSÃO 52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 55

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Cronologia das diferentes abordagens para o Projeto do Trabalho.....7

Figura 2.2 – Fluxograma para admissão de funcionário.....11

Figura 2.3 – Diagrama homem-máquina para atividade de compra de café.....12

Figura 2.4 – Gráfico SIMO para mãos e olhos em uma operação de montagem..... 14

Figura 2.5 – Tolerâncias pessoais e para fadiga (%).....25

Figura 2.6 – Sistema MRPII.....28

Figura 3.1 – Fluxograma do processo de fabricação de painéis.....31

Figura 3.2 – Representação esquemática das etapas envolvidas no estudo de caso.....32

Figura 3.3 – Fluxograma do processo de preparação de chapa de montagem.....33

Figura 3.4 – Fluxograma do processo de fiação elétrica.....34

Figura 3.5 – Fluxograma do processo de fechamento da montagem elétrica.....34

Figura 3.6 – Fluxograma do processo de confecção de barramentos com proteção plástica.....35

Figura 3.7 – Fluxograma do processo de confecção de barramentos pintados.....35

Figura 3.8 – Folha para apuração dos tempos operacionais cronometrados.....42

Figura 3.9 – Planilha de inserção dos fatores de tolerância para obtenção do tempo padrão..42

Figura 4.1 – Tamanhos amostrais necessários para cada família de painéis a um erro prcentual amostral de 5 %.....50

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Valores Típicos para a Tolerância T (%).....20

Tabela 2.2 - Estimativas de desempenho para avaliação do ritmo.....21

Tabela 2.3 - Comparação entre os diferentes sistemas para obtenção dos tempos em relação ao custo da informação.....23

Tabela 3.1 - Diferenciação das famílias de painéis por grau de dificuldade de montagem.....36

Tabela 3.2 - Tempos operacionais padrão (em horas) e variáveis amostrais por operação para família M_1.....37

Tabela 3.3 - Tempos operacionais padrão (em horas) e variáveis amostrais por operação para família M_2.....38

Tabela 3.4 - Tempos operacionais padrão (em horas) e variáveis amostrais por operação para família B_1 / B_2.....39

Tabela 3.5 - Tempos operacionais padrão (em horas) e variáveis amostrais por operação para família $B_{3.1}$.....39

Tabela 3.6 - Tempos operacionais padrão (em horas) e variáveis amostrais por operação para família $B_{3.2}$.....40

Tabela 3.7 - Tempos operacionais padrão (em horas) e variáveis amostrais por operação para família B_4.....40

Tabela 3.8 - Média Amostral do tempo operacional padrão total (em horas).....43

Tabela 3.9 - Mix de produtos demandados para o período mensal posterior analisado.....45

Tabela 3.10 - Necessidade de mão-de-obra para cada família de painéis por operação.....46

Tabela 3.11 - Média Amostral dos tempos operacionais padrão em horas por operação para cada família.....46

Tabela 4.1 – Erro percentual amostral atendido com as amostras iniciais.....49

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

JIT	*Just in Time*
MO	Mão-de-obra
MTM	*Methods Time Measurement*
MRPII	*Manufacturing Resources Planning*
SIMO	*Simultaneous Motion*
STP	Sistema Toyota de Produção
TMU	*Time Measurement Unit*

1. INTRODUÇÃO

Após determinação do Plano Mestre de Produção, faz-se necessário programar a produção para que os limites de produção que foram estabelecidos possam ser atendidos. Assim, Moreira (2009) afirma que:

> Programar e Controlar a produção são atividades marcadamente operacionais que encerram um ciclo de planejamento mais longo que teve início com o Planejamento da Capacidade e a fase intermediária com o Planejamento Agregado, de maneira que os objetivos da programação da produção – potencialmente conflitantes entre si – são os seguintes:
> a) permitir que os produtos tenham a qualidade especificada;
> b) fazer com que as máquinas e pessoas operem com os níveis desejados de produtividade;
> c) reduzir os estoques e os custos operacionais;
> d) manter ou melhorar o nível de atendimento ao cliente.

Portanto, observando os pontos explicitados por Moreira (2009) anteriormente, fica evidente que para atender aos quatro itens apresentados e, principalmente, ao item "b" é necessário o balanceamento e a alocação eficiente da mão-de-obra para que a empresa possa dispor dos seus funcionários trabalhando com o máximo de eficiência possível visando à obtenção das seguintes vantagens competitivas: redução de custos, redução de tempo ocioso, aumento da motivação dos funcionários, aumento de produtividade, alocação eficiente da carga de produção, organização do trabalho e principalmente o atendimento ao Plano Mestre de Produção.

Slack *et al.*(2007) afirmam que além de focar em tecnologia, sistemas, procedimentos e instalações o gerenciamento da produção deve avaliar a maneira como os recursos humanos são gerenciados, pois isso irá impactar diretamente sobre a eficácia das funções operacionais. Ou seja, pode-se compreender com base em Slack *et al.* (2007) que o Projeto do Trabalho se torna uma ferramenta essencial, dentro desse contexto, uma vez que irá analisar a alocação das tarefas para os funcionários, o método adequado, a quantidade de funcionários responsáveis por cada atividade, como devem ser as instalações e ferramentas utilizadas, as condições ambientais, a autonomia que será dada aos funcionários e quais as habilidades necessárias.

O estudo de tempos e movimentos caracteriza-se por ser uma técnica bastante difundida na Engenharia de Métodos e que está diretamente relacionado com o estudo do tempo-padrão, que consiste em ser uma ferramenta de grande importância no tocante a medida do desempenho e eficiência do trabalho.

Para Slack *et al.*(2007), a medida do trabalho é o processo de definição de tempo que um trabalhador qualificado precisa para realizar um trabalho especificado, com um nível

definido de desempenho. Dentro desse contexto, Slack *et al.*(2007) afirma, ainda, que: o tempo-padrão é uma extensão do tempo básico devido ao fato de incluir tolerâncias para pausa e descanso, sendo todo o tempo-padrão a soma de todos os tempos-padrão de seus elementos constituintes.

De acordo com Barnes (1977) e Slack *et al.*(2007) o estudo de tempo originou-se com o intuito de determinar os tempos-padrão das operações e consiste em uma técnica de medida do trabalho para registrar os tempos e o ritmo de trabalho para os elementos de uma tarefa especializada, realizada sob condições especificadas, e para analisar os dados de forma a obter o tempo necessário para a realização do trabalho com um nível definido de desempenho.

Logo, para a determinação do tempo-padrão é necessário o acompanhamento das tarefas que compõem as operações do processo produtivo, de modo que seja definido o tempo para cada tarefa e fatores de tolerância externos que, também, devem ser considerados, como: a fadiga, o tempo necessário para necessidades fisiológicas do trabalhador, a velocidade com que é executada a tarefa (ritmo) e o nível de esforço que deve ser despendido na realização do trabalho, visto que esses elementos irão influenciar diretamente nos valores obtidos na mensuração dos tempos relativos às operações que compõem o processo produtivo.

Outro elemento que deve ser levado em consideração é a especificidade do processo produtivo da empresa metalúrgica em que foi aplicado o estudo de caso, uma vez que há uma alta variabilidade dos produtos produzidos, haja vista que determinados produtos podem exigir um grau de complexidade bem maior, demandando, assim, um tempo consideravelmente mais elevado, o que será expresso por fatores de tolerância mais elevados.

1.1 Relevância do Trabalho

Em contrapartida aos crescentes estudos referentes ao balanceamento da mão-de-obra e a necessidade de desenvolver esse estudo no processo produtivo para sobrevivência e obtenção de vantagem competitiva em relação aos concorrentes no mercado, é notório que muitas empresas ainda não estejam altamente desenvolvidas nesse sentido e por isso se encontram incapazes de exprimir considerações reais e condizentes com a real necessidade de utilização de seus recursos, assim como em relação à eficiência do seu efetivo e se esse número de funcionários é suficiente para atender aos objetivos e metas almejadas de acordo com o Planejamento e a Programação da Produção.

Portanto, é com o intuito de fornecer um importante meio para referência e constatação da importância dessa temática para as empresas, tanto públicas como privadas, além de

apresentar uma metodologia, baseada no estudo do tempo-padrão das operações envolvidas no processo produtivo, que poderá ser possível visualizar uma importante ferramenta de apoio para a gestão do processo produtivo não apenas para a empresa estudada, mas também para outras de outros ramos ou setores produtivos.

1.2 Objetivos da pesquisa

1.2.1 Objetivo Geral

Apresentar uma metodologia para realização do dimensionamento e balanceamento da mão-de-obra, com base no levantamento dos tempos-padrão, envolvidos nas operações componentes do processo produtivo analisado.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo principal, o trabalho possui os seguintes objetivos específicos:

- Fazer uma pesquisa bibliográfica e a fundamentação teórica sobre os conceitos referentes ao Projeto do Trabalho e ao dimensionamento e alocação da mão-de-obra em sistemas de produção, assim como a evolução desses conceitos ao longo do tempo;
- Avaliar as diferentes estratégias utilizadas pelas empresas para avaliação da eficiência fabril;
- Propor uma metodologia que sirva de ferramenta de apoio ao Plano Mestre de Produção;
- Analisar os benefícios obtidos para a empresa com a aplicação do procedimento proposto;

1.3 Estrutura do Trabalho

O trabalho está organizado nos seguintes capítulos:

- O primeiro capítulo aborda um contexto geral sobre o tema, além da motivação que levou a tratar sobre o assunto e os objetivos a serem atingidos com o desenvolvimento do trabalho. Neste capítulo encontra-se também uma breve explicação de como está estruturado o projeto;
- O segundo capítulo expõe uma base conceitual a respeito dos temas envolvidos no projeto, fazendo com que haja um embasamento sobre os conceitos que serão abordados;

- O terceiro capítulo consiste na exposição do estudo de caso, apresentando o contexto atual em que será inserido - apresentação do processo produtivo e da empresa em que foi aplicado - e da metodologia utilizada para o dimensionamento e alocação de mão-de-obra como meio para obtenção de vantagem competitiva, apresentando dados e informações relevantes ao tema assim como a possibilidade de realizar a alocação da mão-de-obra com as informações referentes ao mix de produção e ao nível de eficiência fabril desejada para o contingente utilizado;
- O quarto capítulo traz uma interpretação dos resultados obtidos assim como uma posterior análise quantitativa e qualitativa sobre a metodologia utilizada para a elaboração do trabalho;
- O quinto capítulo consiste na conclusão, onde são colocadas as considerações acerca dos objetivos do trabalho, além das limitações visualizadas na metodologia utilizada e do levantamento de possíveis sugestões para continuidade e aprimoramento do projeto no futuro.

1.4 Metodologia

A pesquisa será realizada com base em uma abordagem quantitativa, uma vez que haverá o levantamento de dados numéricos relativos aos tempos operacionais padrão e a respectiva interpretação desses dados.

Será ainda uma pesquisa do tipo descritiva, uma vez que apresenta o processo de coleta e análise dos dados numéricos obtidos, através da aplicação de um estudo de caso em um processo produtivo, com o intuito de estabelecer um entendimento da relevância do estudo do tempo-padrão e fornecer subsídios para a sua aplicação.

Para o cumprimento dos objetivos levantados, os dados serão coletados através de cronometragens e, posteriormente, tratados de acordo com as relações matemáticas adequadas e variáveis consideradas. Inicialmente serão coletadas cinco amostras para cada operação de cada família de produtos considerada.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Eficiência e Produtividade

Para a realização de estudos que envolvam a avaliação da capacidade produtiva e a utilização dos recursos necessários, torna-se essencial um embasamento sobre alguns preceitos advindos da Administração Científica assim como de seu grande precursor: Frederick Winslow Taylor.

O Taylorismo, como ficou conhecido o movimento desenvolvido por Taylor, apresenta como grande diferença em relação às formas clássicas da administração o fato de enfatizar as tarefas, com o intuito de atingir a eficiência operacional.

Para Taylor (1990) a Administração Científica passou a combinar uma série de elementos, agrupados e classificados em leis e normas que constituem uma ciência, acompanhada de completa mudança na atitude entre trabalhadores e direção, assim como nas suas respectivas atribuições e responsabilidades. Segundo o mesmo autor, é possível observar, também, que a ciência substituiu o empirismo, a discórdia deu lugar à harmonia, a cooperação substituiu o individualismo, o rendimento máximo foi considerado em lugar da produção reduzida e o desenvolvimento de cada homem foi considerado no sentido de alcançar maior eficiência e prosperidade.

Com isso, passou-se a avaliar mais minuciosamente o desempenho do trabalhador e a maneira como estavam distribuídas as tarefas, visto que de acordo com Taylor (1990) o homem se tornou capaz de realizar o trabalho bem aparelhado, conservando a sua personalidade, não perdendo a sua capacidade criadora ou iniciativa pessoal e sendo, assim, orientado para trabalhar em equipe e gerar acréscimo de eficiência e capacidade produtiva.

É importante observar, também, que dentro dos princípios da Administração Científica propostos por Taylor (1990), fica clara a necessidade de se avaliar a capacidade fabril e a eficiência do contingente de funcionários, uma vez que ele deixa claro três fatores que são decisivos para a redução do desempenho dos trabalhadores:

1. A idéia de que o maior rendimento do homem e da máquina terá como resultado o desemprego de grande número de operários;
2. O fato de que a ignorância da direção a respeito dos tempos envolvidos para realizar os trabalhos auxilia o operário a diminuir as suas possibilidades de produção;

3. A existência de métodos empíricos ineficientes, com os quais o operário desperdiça grande parte de seu esforço.

Dentro desse contexto, para uma melhor compreensão de quanto equivocados estão esses três fatores, Taylor (1990) estabelece que em relação ao primeiro fator a inserção de uma nova máquina ou método resultará em um aumento de capacidade produtiva do homem e uma redução do preço de custo que, ao invés de levarem os trabalhadores ao desemprego tornam possível a necessidade de um maior contingente de funcionários; em relação ao segundo fator, explicita que um estudo cuidadoso acerca dos tempos e movimentos envolvidos nas tarefas pode revelar fatos cruciais e alarmantes em relação à eficiência dos trabalhadores; e, finalmente, em relação ao terceiro fator, considera essencial a busca pelo método mais rápido e instrumentos que sejam melhores que os demais, que podem ser encontrados e aperfeiçoados com base na análise científica de todos aqueles em uso, juntamente com um acurado e minucioso estudo do tempo envolvido nas tarefas.

Logo, podemos perceber que para atingir metas de produtividade desejadas, torna-se crucial para a Gestão da Produção, a realização de uma análise científica do processo e da capacidade produtiva dos funcionários envolvidos, para que sejam determinados os melhores métodos, as melhores ferramentas e sejam levantados os tempos envolvidos para as operações que compõem o fluxo do processo, com o intuito de ter a possibilidade de fazer previsões em relação a capacidade produtiva para determinada demanda por produtos ou serviços.

Vale ressaltar, ainda, a conexão existente entre eficiência e produtividade, visto que conforme Taylor (1990) cada trabalhador é sistematicamente treinado para alcançar o mais alto grau de eficiência e aprende a fazer uma espécie de trabalho superior, não conseguido anteriormente, ao mesmo tempo em que passa a ter uma relação de cooperação junto à direção, enquanto antes perdia considerável tempo com atividades que não agregavam valor ao produto, beneficiando a todos os envolvidos no processo e, principalmente, a produtividade.

2.2 Projeto do Trabalho

De acordo com Moreira (2009) o trabalho consiste em um conjunto específico de tarefas de cada empregado, de modo que qualquer organização possui um conjunto de trabalhos, espalhados de acordo com certos critérios pelas várias unidades funcionais e o Projeto do Trabalho seja a ferramenta utilizada para a especificação dos conteúdos e dos métodos associados a cada um desses trabalhos, ou seja, responde quem fará o trabalho (habilidades

necessárias para realização do trabalho), como o fará (método) e onde o fará (máquinas, setor, divisão).

Dentro desse contexto, Moreira (2009) afirma, ainda, que o Projeto do Trabalho pode ser visto sob três ângulos diferentes, complementares entre si, e que abordam as seguintes temáticas: quais os requisitos do Projeto do Trabalho em relação à satisfação, conforto e bem estar dos funcionários; como sistematizar a busca dos métodos do trabalho assim como as técnicas para documentação e proposta de novos métodos alternativos; e como efetuar a medida do trabalho, de maneira que possam ser estabelecidos os padrões de tempo para que seja avaliado o desempenho dos funcionários.

Assim, Moreira (2009) avalia que o Projeto do Trabalho recebeu influência de duas diferentes correntes de pensamento, baseadas em duas concepções do homem em si e quase que radicalmente opostas: a corrente mecanicista ou objetiva, inspirada nos trabalhos de Frederick Winslow Taylor, movimento de racionalização do trabalho, tendo como princípio uma adequação perfeita entre o homem e a máquina; e a corrente comportamental ou humanista, que nasceu como uma reação ao movimento Taylorista, sendo conhecida como o movimento de relações humanas a partir dos trabalhos de George Elton Mayo. Porém, o que se percebe atualmente é uma tendência a incorporação de conceitos e ensinamentos advindos das duas correntes, o que vem contribuindo para o enriquecimento do Projeto do Trabalho.

Já para Slack *et al.*(2007), o Projeto do Trabalho passou por diferentes abordagens ao longo do tempo que contribuíram para um incremento do conceito, como pode ser observado na Figura 2.1.

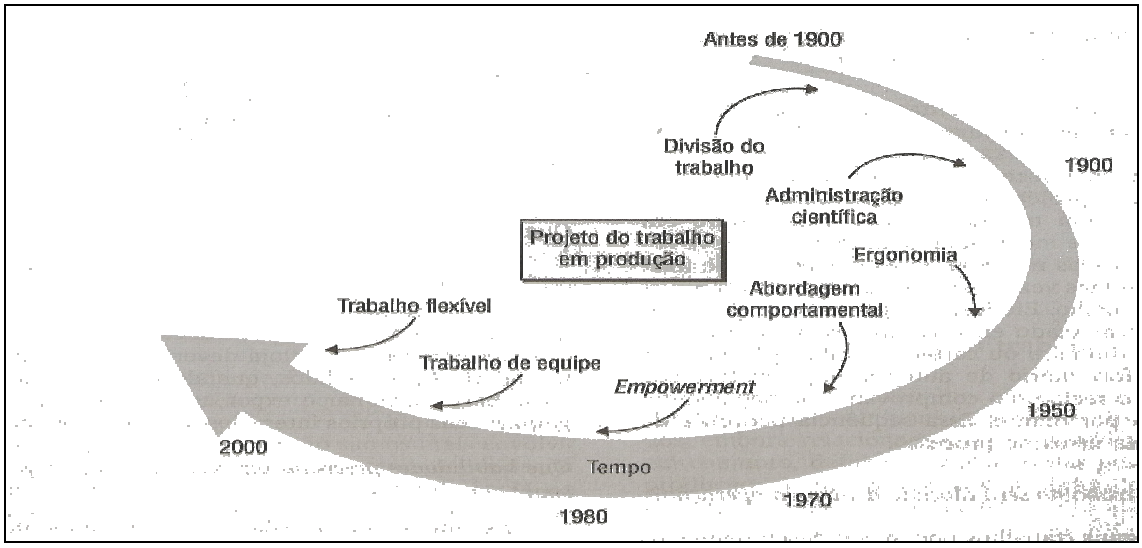


Figura 2.1 - Cronologia das diferentes abordagens para o Projeto do Trabalho
Fonte: Slack et. al. (2007)

Ainda conforme Slack *et al.*(2007), a Divisão do Trabalho deve ser destacada como um elemento marcante para o Projeto do Trabalho, visto que proporcionou um aprendizado mais rápido (através da especialização), uma maior facilidade para automatizar tarefas (menor complexidade envolvida em atividades menores), trabalho não produtivo reduzido (menor possibilidade de atividades que não agreguem valor ao produto como pegar e largar ferramentas, por exemplo). Além disso, de acordo com o mesmo autor é observado que através da Administração Científica, surgiram dois campos de estudo separadamente, porém relacionados: o estudo do método, que se concentra na determinação dos métodos e atividades que devem ser incluídos em trabalhos; e a medida do trabalho, que se preocupa com a medição do tempo despendido para a execução dos trabalhos.

Ao analisar a questão do Projeto do Trabalho, e observar essa temática com uma visão embasada nas correntes propostas por Taylor e Mayo, pode-se observar que a satisfação dos funcionários passa a ser um elemento decisivo para os resultados produtivos apresentados. Assim, para Moreira (2009) um trabalho que envolve poucas atividades e é altamente repetitivo tende a gerar insatisfação, absenteísmo e baixa produtividade, de modo que podem ser utilizadas algumas técnicas para o aumento de motivação, que podem ser divididas em duas categorias:

- Técnicas que aumentam a variedade do trabalho: onde se destacam a ampliação do trabalho (fornecimento de uma porção maior da tarefa total ou a adição de um número maior de tarefas); rotação do trabalho (modificações periódicas de funções para aumento do aprendizado) e enriquecimento do trabalho (aumento da carga vertical do trabalho) para envolvimento do trabalhador no planejamento e na coordenação de suas tarefas.
- Técnicas que atuam sobre a duração do trabalho: onde se destaca o tempo flexível (fornecimento para o trabalhador da oportunidade de programar as suas próprias horas de trabalho).

Contudo o estudo do método e a medição do trabalho tornam-se os elementos a serem analisados com maior especificidade dentro do Projeto do Trabalho. É importante ressaltar também que para realizar a medida do trabalho é essencial, primeiramente, ter em mente a noção de que o melhor método já deve estar definido, para que não seja necessário realizar medições constantes e incoerentes com a realidade, visto que cada método possui a sua peculiaridade e conseqüentemente representa diferentes tempos envolvidos.

2.2.1 Estudo do Método

Slack *et al.*(2007) consideram que o estudo do método envolve a seqüência sistemática de seis passos:

1. Seleção do trabalho a ser estudado: consiste na escolha de tarefas que darão maior retorno sobre o investimento do tempo necessário para estudá-las, ou seja, desconsidera as tarefas que são realizadas ocasionalmente e dá prioridade para as que oferecem um maior escopo para a implantação de melhorias ou que estejam causando gargalos, atrasos ou problemas na operação;
2. Registrar o método atual: levantamento da seqüência de atividades, do inter-relacionamento temporal das atividades e a trajetória de movimento de alguma parte do trabalho o que contribuirá para um maior entendimento do próprio trabalho e levar a novas formas de fazê-lo;
3. Examinar os fatos: considerado o estágio mais importante no estudo do método, pode ser compreendido como a avaliação inteira e crítica de todo o método atual, embasado na técnica do questionamento, ou seja, são feitas questões relativas ao propósito de cada atividade, ao local em que cada atividade é feita, a seqüência em que é realizada, a pessoa que faz a atividade e aos meios pelos quais cada atividade é realizada;
4. Desenvolver um novo método: compreende o exame crítico dos métodos atuais acompanhado de mudanças e melhorias como a eliminação das partes inteiras da atividade, a combinação de elementos, a modificação da seqüência de eventos para o aumento da eficiência do trabalho e a simplificação da atividade para reduzir o conteúdo do trabalho;
5. Instalar o novo método: instalação de novas práticas de trabalho com base no gerenciamento do projeto;
6. Manutenção regular do novo método: monitoramento regular para avaliar a eficácia do projeto do trabalho depois de implantado e poder ser usado como oportunidade para repensar e melhorar métodos continuamente.

De acordo com Moreira (2009), a análise dos métodos de trabalho pode representar em aumentos com valor médio de 15% na produtividade sem que seja introduzido nenhum equipamento, apenas com a análise racional. Além disso, considera que sempre serão candidatos em potencial a um estudo de métodos os trabalhos altamente repetitivos ou que apresentem uma considerável dependência em relação ao elemento humano, aos problemas de

segurança e as condições desagradáveis para o operador, sendo para isso essencial a seqüência dos seguintes passos:

1. Identificação da operação a ser estudada: conhecimento do local do trabalho, obtenção de informações sobre os equipamentos e ferramentas utilizados, avaliação das distâncias envolvidas;
2. Discussão com operários encarregados e seus supervisores: levantamento de particularidades importantes para o analista;
3. Documentação da operação: realizada geralmente por fluxograma e usada para interferir na qualidade final do produto e na produtividade;
4. Análise do método atual: Avaliação da situação atual do método, proposição de um novo método, caso necessário, além de justificativa para as modificações;
5. Implantação do novo método: Acompanhamento para verificar se as mudanças previstas estão sendo seguidas.

Em relação à documentação da atividade para que seja realizado o estudo do método e a posterior medida do trabalho, considera-se o fluxograma uma ferramenta de grande importância, que propiciará uma visualização de todas as atividades que compõem as tarefas assim como o tipo do evento.

Moreira (2009) afirma que o fluxograma é a representação gráfica do que ocorre com o material ou conjunto de materiais, incluindo peças e subconjuntos de montagem, durante uma seqüência bem definida das fases do processo. Basicamente, explana que o fluxograma caracteriza cinco tipos de eventos: Operação (alteração de características, montagem, separação ou preparação) que tem um círculo como simbologia; Transporte (deslocamento de materiais entre diferentes locais) que tem uma seta voltada para a direita como simbologia; Inspeção (identificação, contagem e verificação de qualidade) que tem um quadrado como simbologia; Estocagem (retenção intencional para uso posterior) que tem como simbologia um triângulo voltado para baixo; e Demora (retenção não intencional do objeto, impedindo o andamento do fluxo) que tem como simbologia um “D”.

A seguir, na Figura 2.2, pode-se verificar um esquema de apresentação de um fluxograma para estudo do método do processo.

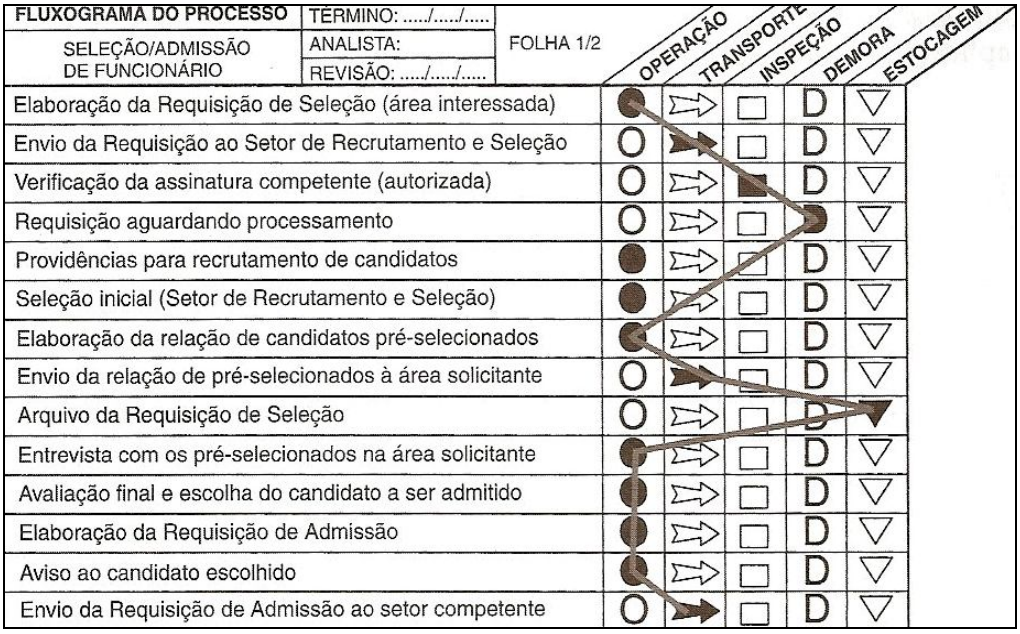


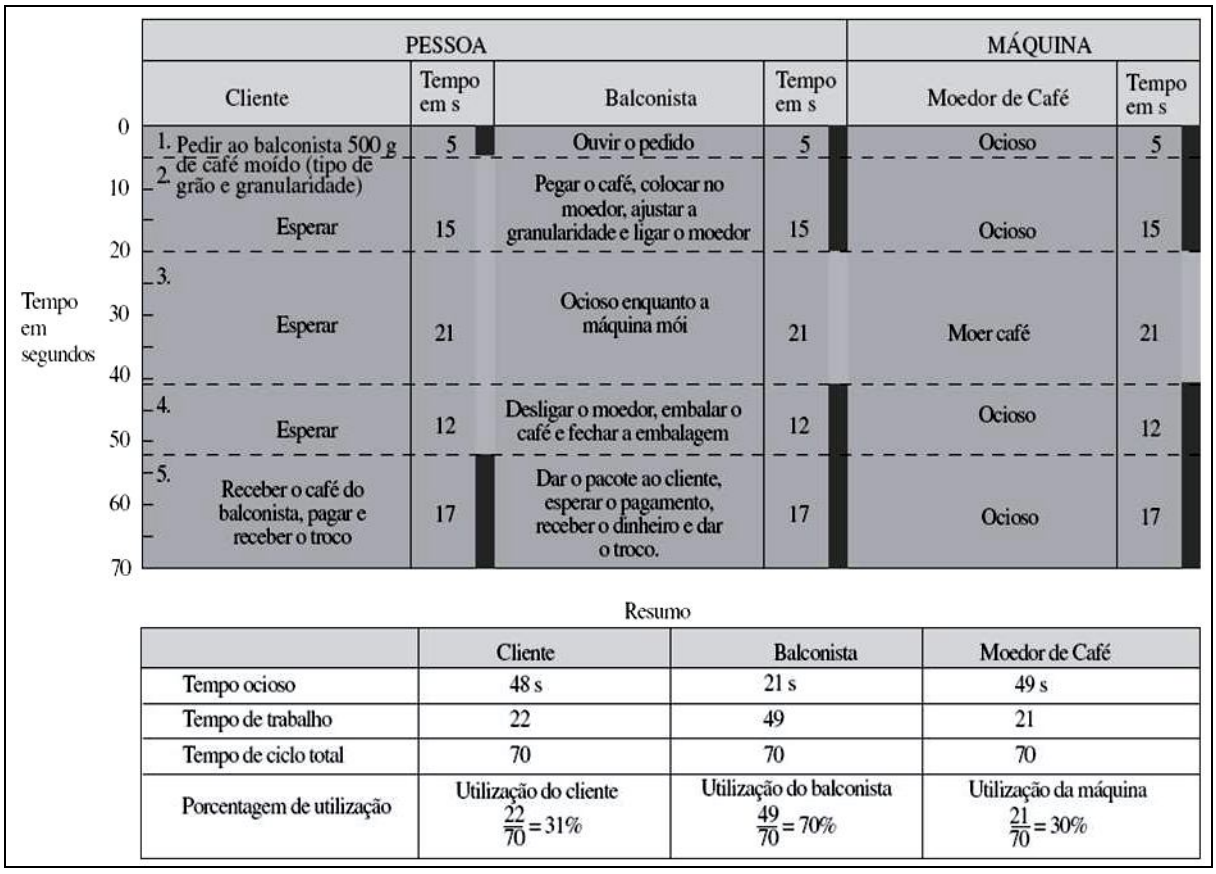
Figura 2.2 - Fluxograma para admissão de funcionário
Fonte: Moreira (2009)

2.2.2 Medida do Trabalho

Segundo Slack *et al.*(2007), a Medida do Trabalho é o processo de definição do tempo que um trabalhador qualificado precisa para realizar um trabalho especificado, com um nível de desempenho definido, sendo um trabalho especificado determinado como aquele para o qual foram feitas especificações que definem a maior parte dos aspectos do trabalho e um trabalhador qualificado, aquele que possui os atributos físicos necessários, inteligência, habilidades, educação e conhecimento para desempenhar a tarefa com padrões satisfatórios de segurança, qualidade e quantidade.

Moreira (2009) afirma que o ato de medir o trabalho deve ser precedido do processo de determinação do método como deve ser realizado, além da aplicação de ferramentas de análise como: fluxogramas, diagramas de homem-máquina e estudo de movimentos.

O diagrama homem-máquina, Figura 2.3, consiste em uma ferramenta para avaliar a proporção do tempo trabalhado em que um trabalhador efetivamente realizou trabalho sem o auxílio da máquina, conjuntamente com a máquina ou ainda as esperas necessárias para o homem ou a máquina realizar trabalho. Assim, pode-se perceber que essa ferramenta propicia a proposição de melhorias que aumentem o tempo útil de trabalho e conseqüentemente, a produtividade associada à operação (MOREIRA, 2009).



Resumo

	Cliente	Balconista	Moedor de Café
Tempo ocioso	48 s	21 s	49 s
Tempo de trabalho	22	49	21
Tempo de ciclo total	70	70	70
Porcentagem de utilização	Utilização do cliente $\frac{22}{70} = 31\%$	Utilização do balconista $\frac{49}{70} = 70\%$	Utilização da máquina $\frac{21}{70} = 30\%$

Figura 2.3 - Diagrama homem-máquina para atividade de compra de café
Fonte: Chase et al. (2006)

O estudo de movimentos pode ser visto como a linha de pensamento que deu origem as primeiras avaliações acerca da mensuração dos tempos envolvidos nas operações, ou seja, para realização da Medida do trabalho. Além de que essas ferramentas começaram a ser utilizadas com o intuito de avaliar a ociosidade dos recursos (equipamentos e humanos), a fim de começar a ser estabelecida uma base para a busca pela redução de custos no processo e ganhos de produtividade.

Dentro desse contexto, Barnes (1977) ressalta que o estudo de tempos e movimentos, introduzido por Taylor, foi usado principalmente na determinação de tempos-padrão pelo casal Gibreth, que o empregou na melhoria dos métodos de trabalho. Porém, Barnes (1997) destaca ainda que os primeiros trabalhos estavam mais voltados para determinação do tempo e de seu valor por produção unitária, ao invés de considerarem o estudo do movimento, de modo que atualmente o objetivo principal passou a ser a determinação de um sistema e métodos de trabalho que mais se aproximem do ideal e possam ser utilizados na prática para o estudo de tempos.

Assim, Barnes (1977) determina que o estudo de tempos e movimentos consiste em um estudo sistemático dos sistemas de trabalho e que tem os seguintes objetivos:

1. *Desenvolvimento do método preferido*: o qual envolva menores tempos e custos;
2. *Padronização da operação:* divisão da tarefa em trabalhos ou operações específicos os quais serão descritos em maior detalhe e contribuirão para preservação dos padrões;
3. *Determinação do tempo-padrão ou Medida do Trabalho:* determinação do número padrão de minutos que uma pessoa qualificada, devidamente treinada e com experiência deveria gastar para executar uma tarefa ou operação especifica trabalhando normalmente, de forma que esse tempo-padrão possa ser utilizado no planejamento e programação para estimativa do contingente de mão-de-obra ou ainda para o controle dos custos da mão-de-obra envolvida. É importante ressaltar, também, que apesar dos tempos elementares, tempos sintéticos e amostragem por observações instantâneas serem também usados na determinação dos tempos-padrão, o método mais comum de se medir o trabalho manual consiste na cronometragem;
4. *Treinamento do operário:* o mais eficiente método se torna sem valor, a menos que seja posto em prática, ou seja, treinar o operador a executar a operação de maneira pré-estabelecida é imprescindível para o processo de medida do trabalho.

Para Moreira (2009), o estudo de movimentos tem dois objetivos básicos: a determinação da melhor seqüência de movimentos de forma a se atingir a melhor produtividade do operário e a busca pela eliminação de movimentos desnecessários. Assim, Moreira (2009) destaca três técnicas e princípios que têm sido usados no estudo dos movimentos: os princípios de economia de movimentos, que envolvem a eliminação de movimentos desnecessários, a redução da fadiga do operador, a melhoria do arranjo do local de trabalho e em buscar o melhor desenho para as ferramentas e o equipamento; a análise de operações usando *Therbligs*, que consiste na decomposição dos movimentos em outros elementares muito pequenos e breves, com o intuito de determinar melhorias por meio de eliminação, combinação ou rearranjo desses movimentos, destacando-se, nesse contexto, a utilização gráfica do diagrama SIMO (*Simultaneous Motion*), onde são registrados os movimentos das mãos direita e esquerda do operador e também a filmagem e projeção posterior quadro a quadro, visto que alguns dos movimentos são tão rápidos que podem ser

registrados incorretamente por meio de observação direta; além dos diagramas do operador como o diagrama homem-máquina, por exemplo.

Barnes (1977) considera que o estudo de micromovimentos fornece uma técnica para o registro e a medida do tempo despendido em uma atividade. Nesse contexto, Barnes (1977) destaca que a duração de cada *Therblig* (expressão utilizada para indicar o movimento da mão ou elemento de movimento, que consiste na inversão das letras de seu primeiro pesquisador – Gilbreth) pode ser registrada em uma folha de análise e representada graficamente por intermédio de um gráfico de movimentos simultâneos, conforme Figura 2.4.

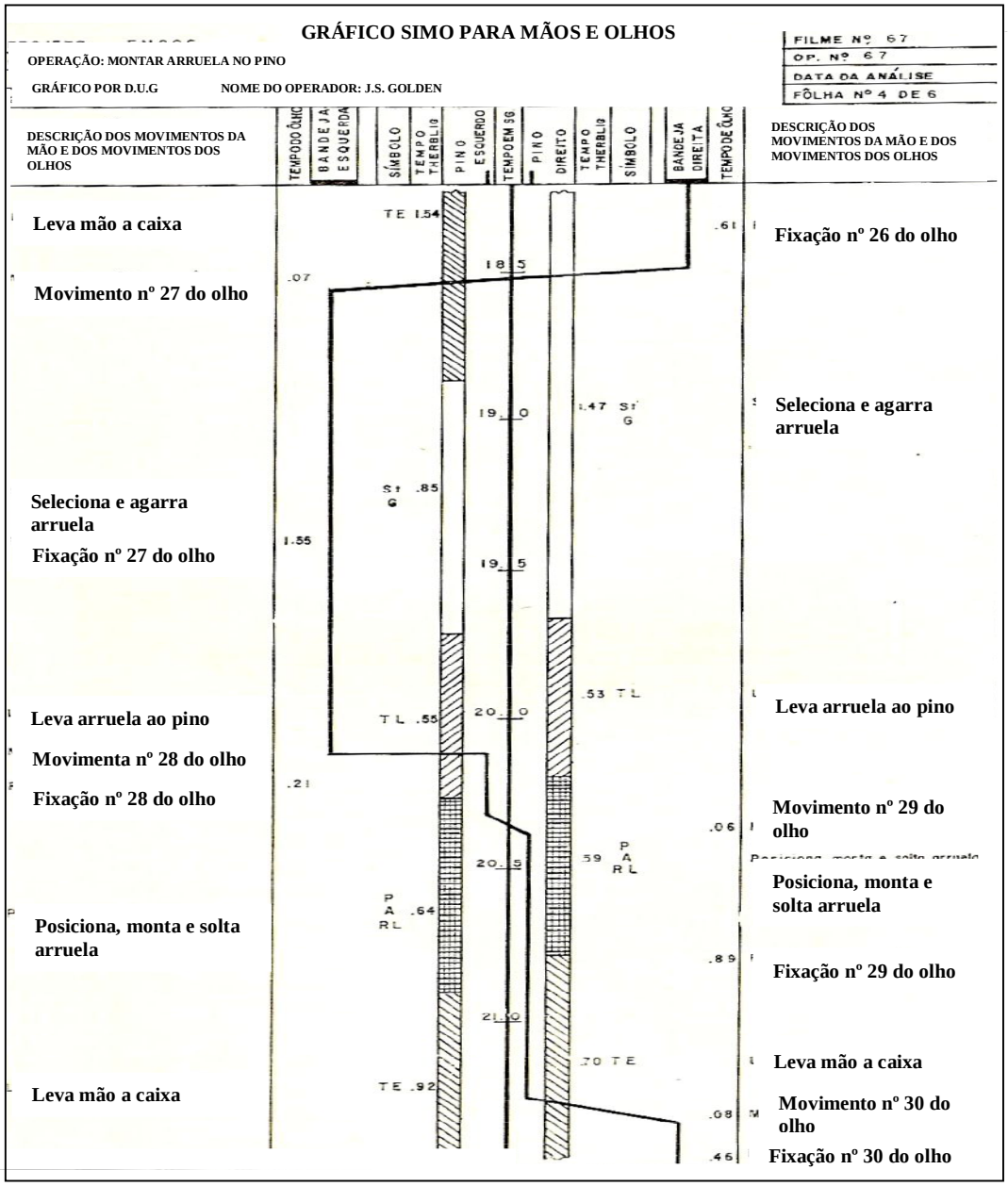


Figura 2.4 - Gráfico SIMO para mãos e olhos em operação de montagem
Fonte: Barnes (1977)

Slack *et al.*(2007) consideram que o desempenho padrão é definido como "a taxa de saída que é atingida por trabalhadores qualificados sem esforço excessivo na média do dia de trabalho, desde que estejam motivados a aplicar-se em seu trabalho". Logo, podemos observar que é necessária a utilização de funcionários capacitados e com condições adequadas para a execução do trabalho, a fim de se obter um desempenho padrão satisfatório.

Segundo o mesmo autor, o estudo do tempo é definido como "uma técnica de medida do trabalho para registrar os tempos e o ritmo de trabalho para os elementos de uma tarefa especializada, realizada sob condições especificadas, e para analisar os dados de forma a obter o tempo necessário para a realização do trabalho com um nível definido de desempenho." Slack *et al.*(2007) destacam ainda dois tipos de tempo: o tempo básico, que consiste na mensuração do tempo de um trabalhador qualificado, trabalhando em um trabalho especificado, com um desempenho padrão e que serve como base para estimativas de tempo para qualquer estimativa de tempo para atividades mais longas que sejam compostas por essas tarefas; e o tempo-padrão que utiliza o tempo básico acrescido de alguns fatores de tolerância para pausa e descanso e necessidades pessoais.

Sob esse ponto de vista, Slack *et al.*(2007) consideram que a técnica para obtenção do tempo básico constitui-se de três etapas:

- *Observar e medir o tempo necessário para realizar cada elemento do trabalho:* envolve observação, medição, avaliação e a cronometragem de cada ciclo, além do registro da avaliação do desempenho percebido da pessoa que está fazendo o trabalho, de maneira que a avaliação do ritmo pode ser concebida como "o processo de avaliar a velocidade do trabalho do trabalhador relativamente ao conceito do observador a respeito da velocidade correspondente ao desempenho padrão. O observador pode levar em consideração, separadamente ou em combinação, um ou mais fatores necessários para a realização do trabalho, como a velocidade do movimento, esforço, destreza, consistência, entre outros."
- *Ajustar ou normalizar cada tempo observado:* consiste na relação entre avaliação observada / avaliação-padrão;
- *Calcular a média dos tempos ajustados para obter o tempo básico para o elemento:* Apesar dos ajustes de tolerância feitos nos tempos observados, cada tempo calculado separadamente não será o mesmo dado ao fato de que

qualquer atividade humana não pode ser repetida exatamente no mesmo tempo em todas as ocasiões.

Segundo Moreira (2009), a obtenção do tempo-padrão para se efetuar uma tarefa possui duas grandes utilidades: servir para os estudos posteriores que visem determinar o custo industrial associado a um produto e servir para avaliar, pela redução ou não do tempo padrão, se houve melhoria no método de trabalho, quando realizado um estudo de métodos. Assim, Moreira (2009) destaca a utilização de quatro importantes formas para obtenção do tempo padrão:

- *Estudo de tempos com cronômetros*: consiste na obtenção do *tempo real* através da cronometragem direta do operador em seu posto de trabalho, de modo que deve ser realizado um número suficiente de medidas para obtenção de um valor médio para o tempo real. Posteriormente, o *tempo real* será objeto de correções e redundará no *tempo normal*, que consiste no tempo requerido para um operador completar a operação com velocidade normal, ou seja, aquela que pode ser mantida por um trabalhador de eficiência média sem fadiga indevida (sendo a avaliação do ritmo considerada de forma subjetiva pelo analista, que pode ser treinado com a visualização de vídeos, de forma que após certo número de repetições, diferentes pessoas tendem a convergir em seu julgamento sobre o ritmo). Tendo em posse o tempo normal, obtém-se o tempo padrão a partir do acréscimo de um percentual relativo a inclusão de tempo perdido devido a fadiga e as demoras inevitáveis que fogem do controle do operador;
- *Tempos Históricos*: consiste na utilização de tempos derivados de estudos anteriores realizados e possui uma vantagem no que se refere ao custo envolvido na determinação dos tempos e como desvantagem o cuidado que deve ser tomado ao considerar esses tempos que podem estar desatualizados devido a uma mudança no método, por exemplo;
- *Dados padrão pré-determinados:* são tempos normais elementares publicados por associações especializadas como o MTM (*Methods Time Measurement*) que usa uma unidade de tempo chamada TMU (*Time Measurement Unit*) e corresponde a 0,036 segundos e apresenta uma série de tabelas com os tempos para várias atividades. Como vantagem apresenta o fato de não necessitar da avaliação do ritmo por parte do analista dos tempos, porém

como desvantagem o fato de que é necessário um considerável treinamento para que o sistema seja utilizado de maneira proveitosa;

- *Amostragem do trabalho:* técnica utilizada para observação do trabalho de homens e máquinas, classificando as atividades de momento segundo uma escala preestabelecida e determinando a porcentagem de tempo gasta em atividades produtivas, para que sejam avaliadas possíveis oportunidades de melhoria.

Para termos uma maior compreensão da importância da medida do trabalho para o estudo dos processos e o quanto é importante possuir uma base de tempos para que haja uma comparação entre as informações obtidas, destaca-se a linha de pensamento de Kaydos (1999) o qual afirma que a necessidade de medir o desempenho operacional consiste no fato de que essa avaliação fornece uma série de benefícios para os gestores, empresas e funcionários de linha de frente, de modo que a compreensão desses benefícios permite uma visão da capacidade de se possuir bons sistemas de medição e como as medidas de desempenho podem ser utilizadas. Além disso, segundo Kaydos (1999), Thomas Fuller afirma "Nada é bom ou ruim, sem que seja por comparação" [1] o que nos remete o fato de que se torna essencial a elaboração de uma base de tempos para que seja comparado o desempenho mensurado em determinada operação, e ainda na mesma obra Galileo Galilei afirma "Conte o que é contável, meça o que é mensurável, e o que não for mensurável, torne mensurável" [2] da qual podemos concluir que, independente da especificidade do processo produtivo que se deseja mensurar o desempenho padrão, é essencial que seja viabilizada uma maneira para avaliar a sua eficiência e o que pode ser apontado como possível ponto de melhoria.

2.2.3 Mensuração dos tempos

Utilizado para determinar o tempo necessário para uma pessoa qualificada realizar uma determinada operação em um ritmo de trabalho considerado normal, o estudo de tempos consiste em uma importante ferramenta que além de poder ser utilizado em sintonia com um plano de incentivos para os funcionários, pode contribuir para programação e controle da produção; preparação dos custos padrões para o preparo de incentivos; estimativa do custo de fabricação de um determinado produto, o que pode interferir no preço de venda que será estabelecido; balanceamento dos funcionários entre as operações e determinação da eficiência

[1] "Nothing is good or bad but by comparison".
[2] "Count what is countable, measure what is measurable, and what is not measurable, make measurable".

desejada das máquinas e recursos humanos; determinação dos tempos-padrões para serem usados como base para o pagamento de prêmios; determinação dos tempos padrões para serem usados na mão-de-obra direta como os movimentadores de materiais e os preparadores e ainda para serem usados como controle do custo de mão-de-obra (BARNES, 1977).

De acordo com o mesmo autor, é possível observar também os diferentes tipos de metodologias utilizadas para a realização da mensuração dos tempos: Sem medidas de tempos (estimativa e atuação passada que considera arquivos pré-existentes) e com a utilização de métodos e acessórios para medição do trabalho (estudo de tempos com base na utilização de cronômetro ou máquinas de filmar, dados elementares com utilização de padrões existentes na literatura, dados de estudos de tempos e movimentos e classificação do trabalho baseada na análise manual de filmes).

Elemento básico para a avaliação da Medida do trabalho, o tempo padrão deve estar à disposição dos planejadores para que seja possível poder calcular o tempo previsto para cada operação necessária no processamento de um novo produto, ou seja, para que seja possível decidir qual é o melhor método para produzir, fornecer tempos para a programação da produção e preparar dados para estimativas de custo (ZACCARELLI, 1973).

Os empregados são o ativo mais valioso de uma empresa, visto que têm um valor intrínseco que nenhum equipamento pode igualar, além de uma diversidade de habilidades, emoções e níveis de desempenho que não podem ser encontrados em uma máquina. Contudo, a especialização da mão-de-obra, ligada ao uso de linha de montagem contribui para o aumento de atividades monótonas que devem ser supridas por técnicas motivacionais que propiciem um aumento do ritmo e desempenho do trabalhador na realização do trabalho, como, por exemplo: técnicas motivacionais para ampliação da tarefa, rotação da tarefa, tempo flexível e enriquecimento da tarefa (MONKS, 1987).

Portanto, podemos observar que se deve ter bastante cuidado no momento em que será iniciado o trabalho de medida do trabalho, no tocante ao tratamento e relacionamento estabelecido com o funcionário que está executando a operação que será mensurada. Por isso, as filmagens passaram a ser mais utilizadas devido ao fato de não se ter a necessidade de estar monitorando diretamente a operação, além de que podem causar algum desconforto ao operador, apesar de já existirem alguns roteiros pré-estabelecidos que facilitem o início de um trabalho e o modo como deve ser transmitida a informação para o operador.

Dentro desse contexto, Monks (1987) apresenta algumas equações a serem utilizadas, estabelecendo um conjunto de passos a serem seguidos para a realização da medição do trabalho:

1. Escolher a tarefa a ser mensurada, informar ao operário e definir o melhor método;
2. Cronometrar um número adequado de ciclos *n*. Usar o gráfico do tamanho amostral para determinar *n*.
   - Se *s* for conhecido: $\mathbf{n = (Z.s / e)^2}$ **(1)**
   - Se *s* for desconhecido: $\mathbf{n = \frac{Z^2[n\sum X^2 - (\sum X)^2]}{e^2(\sum X)^2}}$ **(2)**
3. Calcular o tempo do ciclo: $\mathbf{CT = \frac{\sum tempo}{n\ ciclos}}$ **(3)**
4. Computar o tempo normal: $\mathbf{NT = CT \times PR}$ **(4)**
5. Computar o tempo-padrão: $\mathbf{ST = NT \times AF}$ **(5)**
   - Se as concessões forem uma porcentagem do tempo total:

   $\mathbf{AF = 1/ (1 - \%A_{total})}$ **(6)**
   - Se as concessões forem uma porcentagem do tempo de trabalho:

   $\mathbf{AF = 1 + \%A_{trabalho}}$ **(7)**

Observando o roteiro proposto acima para cronometragem dos tempos-padrão, deve-se ressaltar as variáveis envolvidas para que haja uma maior compreensão das relações numéricas que devem ser obtidas e tratadas posteriormente. Assim, para determinação da amostra – que deve ser a segunda etapa dentro do processo de medida do trabalho – considera-se na equação (1), *Z* como o nível de significância da amostra e *s* como a variância.

As adaptações e permissões de acordo com Monks (1987) devem ser acrescidas de acordo com as equações (4) e (5), aonde *NT* representa o tempo normal, *CT* o tempo de ciclo, *PR* a determinação do ritmo de trabalho e *AF* o fator de permissão.

Segundo Leme (1974), a partir dos tempos e os correspondentes ritmos, podem ser calculados os tempos normais com base no produto dos tempos cronometrados pelo ritmo avaliado, em relação a um ritmo considerado normal de acordo com a seguinte equação:

$$\mathbf{Tn = (Tc \times Ra) / Rn} \quad \textbf{(8)}$$

De modo que *Tn* seja o tempo normal, *Tc* o tempo cronometrado, *Ra* o ritmo avaliado e *Rn* o ritmo normal.

Já Moreira (2009) destaca as seguintes relações entre os tempos, para aplicação no processo de mensuração dos tempos:

$$TN = TR \times EF / 100 \quad (9)$$

$$TNt = \sum TRi \times EFi / 100 \quad (10)$$

$$TP = TN \times FT / 100 \quad (11)$$

$$FT = 100 + T \quad (12)$$

$$TP = TN \times 100 / (100 - T) \quad (13)$$

De modo que *TN* (equação 8 e 12) seja o tempo normal, *TR* (equação 8) o tempo real obtido, *EF* (equação 8) a eficiência, *TNt* (equação 9) o tempo normal de toda a tarefa, *TRi* (equação 9) o tempo real obtido de cada elemento da tarefa, *EFi* (equação 9) a eficiência de cada elemento da tarefa, *TP* (equação 10 e 12) o tempo-padrão, *FT* (equação 10 e 11) o fator de tolerância e *T* (equação 11 e 12) a tolerância.

Contudo, Moreira (2009) explicita que a equação 12 deve ser utilizada quando se considerar a tolerância como função do dia de trabalho ao contrário da equação 11, que considera a tolerância como função do tempo da operação. Além disso, os valores típicos para a tolerância (*T*) devem ser utilizados com base na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Valores Típicos para a Tolerância T (%)

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

Fonte: Adaptado de Moreira (2009) apud Niebel (1976)

Além disso, Moreira (2009) considera que para determinação do número de medidas a serem feitas, ou seja, o tamanho da amostra, pode-se utilizar a seguinte relação:

$$N = (100\ z\ s / a.\ x)^2 \quad (14)$$

Sendo, *z* o número de desvios padrão da normal padronizada (assumindo-se uma distribuição normal como representação estatística da amostra), *s* o desvio padrão da amostra de medidas, *a* como a precisão final desejada em porcentagem e *x* a média da amostra das medidas.

De acordo com Leme (1974), vários métodos podem ser utilizados para mensuração dos tempos e que vão desde a estimativa dos tempos até a cronometragem de cada elemento das operações; desde a aceitação pura dos tempos históricos, até a fixação dos tempos-padrão pela decomposição das operações em movimentos elementares, ou ainda pela análise estatística de relações entre tempos de operações semelhantes com o auxílio da amostragem do trabalho.

Após a determinação do tamanho da amostra de acordo com o nível de significância desejado, faz-se necessário iniciar o processo de medição dos tempos e da simultânea avaliação do ritmo. Segundo Barnes (1977), essa etapa é a mais importante e difícil dentro do estudo de tempos e que depende diretamente do julgamento do analista de estudo dos tempos, de forma que podem ser utilizados os seguintes sistemas para avaliação do ritmo:

- Sistema baseado na habilidade e esforço: que consiste na observação da habilidade e esforço do operador na execução da tarefa, Tabela 2.2;
- Sistema Westinghouse: que consiste na avaliação de quatro fatores (habilidade, esforço, condições e consistência) de acordo com a utilização da Tabela 2.2;

Tabela 2.2 - Estimativas de desempenho para avaliação do ritmo

Habilidade			Esforço		
+0.15	A1	Super–hábil	+0.13	A1	Excessivo
+0.13	A2		+0.12	A2	
+0.11	B1	Excelente	+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2		+0.08	B2	
+0.06	C1	Bom	+0.05	C1	Bom
+0.03	C2		+0.02	C2	
0.00	D	Médio	0.00	D	Médio
−0.05	E1	Regular	−0.04	E1	Regular
−0.10	E2		−0.08	E2	
−0.16	F1	Fraco	−0.12	F1	Fraco
−0.22	F2		−0.17	F2	
Condições			**Consistência**		
+0.06	A	Ideal	+0.04	A	Perfeita
+0.04	B	Excelente	+0.03	B	Excelente
+0.02	C	Boa	+0.01	C	Boa
0.00	D	Média	0.00	D	Mécia
−0.03	E	Regular	−0.02	E	Regular
−0.07	F	Fraca	−0.04	F	Fraca

Fonte: Barnes (1977)

- Sistema de avaliação sintética: consiste na avaliação entre um tempo padrão obtido e o tempo médio cronometrado, podendo apresentar um fator em percentual maior ou menor que 100% (considerado o ritmo médio obtido);
- Sistema de avaliação objetiva: compreende a avaliação da velocidade e a inclusão posterior de tolerâncias para compensar alguns pontos particulares observados;
- Sistema de avaliação fisiológica: Consiste no monitoramento dos batimentos cardíacos do operador para avaliação do esforço necessário para realização da tarefa;
- Sistema de desempenho do ritmo: compreende a avaliação visual do ritmo com base na observação do ritmo do tempo ou da velocidade do operador.

Barnes (1977) afirma também que o analista dos tempos deve utilizar de recursos como folhas de observações para o registro constante dos tempos mensurados. Portanto, pode-se concluir que todos os autores relatados convergem para uma mesma linha de raciocínio que culmina na conclusão de que para a mensuração dos tempos deve ser estabelecido o método, definido o tamanho da amostra de acordo com o nível de significância que se deseja para os dados que serão levantados, avaliado o ritmo de acordo com um determinado sistema de avaliação e aplicadas às tolerâncias com base em medições ou tabelas e padrões existentes na literatura para finalmente se obter o tempo-padrão. Posteriormente, essa informação será de extrema utilidade para avaliação de custos envolvidos no processo e para o estudo da eficiência da mão-de-obra utilizada.

Dentro desse contexto das etapas para o processo de mensuração dos tempos e dos diferentes métodos utilizados, Leme (1974) estabelece uma comparação entre as características dos diferentes métodos utilizados, conforme Tabela 2.3, avaliando fatores como: estimação, cronometragem, tempos históricos, amostragem, tempos sintéticos e tempos estatísticos no tocante ao valor, ao custo da informação, entre outros fatores, o que pode ser crucial para a escolha de determinado método.

Tabela 2.3 – Comparação entre os sistemas para obtenção dos tempos em relação ao custo da informação

Sistemas \ Custos	Investimento para treinar o pessoal executivo	Tempo gasto pelo analista por informação	Custo total de todas as informações
Tempos Estimados	Nenhum	Rápido	Baixo
Tempos Históricos	Nenhum	Rápido	Baixo, proporcional ao número de tarefas diversas existentes
Tempos Cronometrados	Investimento inicial médio para treinamento dos analistas e verificação anual contínua sobre os julgamentos do ritmo	Demorado: para descrever os ciclos é proporcional ao nº de elementos e para medí-los é proporcional à sua direção e variabilidade	Alto, proporcional ao produto do nº de operações diferentes pelo tempo gasto pelo analista para obter o tempo de cada operação
Tempos Sintéticos	Investimento inicial grande. Treinamento prévio intenso sobre todos os movimentos elementares tabelados	Proporcional à complexidade da operação, isto é, ao nº de movimentos elementares que a compõe	Alto, proporcional ao produto do nº de operações diferentes pelo tempo gasto pelo analista para obter o tempo de cada operação
Tempos Estáticos	Nenhum	Diretamente proporcional ao nº de elementos de cada operação e ao nº de "fatores de influência"	Poderá ser relativamente baixo. Inversamente proporcional ao número de "operações semelhantes"
Amostragem	Nenhum, mas conhecer o processo para discernir entre as categorias de atividades escolhidas	Rápido. Diretamente proporcional à distância entre os diversos postos de trabalho	Baixo

Fonte: Adaptado de Leme (1974)

Leme (1974) apresenta também que a mensuração e o conhecimento dos tempos permitem uma gama de aplicações, como:

- Controle de custos (previsão de custo para efeito de orçamento, registro contábil dos custos da produção, análise dos custos das operações);
- Controle de mão-de-obra (estabelecimento de prêmios e incentivos, controle de eficiência da mão-de-obra e da utilização do equipamento);
- Programação (estimativas de duração total de um projeto complexo através das técnicas de obtenção do caminho crítico como PERT-CPM, utilização plena dos recursos disponíveis);
- Planejamento de curto e longo prazo (informação para o projeto de ferramentas e dispositivos, para definição do melhor método dentre os possíveis e para o projeto fabril como, por exemplo, o layout e a quantidade de máquinas e funcionários).

2.2.4 Fatores de Tolerância

Usados como fatores de correção para os tempos normais obtidos, os fatores de tolerância são percentuais incorporados ao tempo normal para determinação de tempos mais

coerentes que levem em consideração as condições específicas da atividade que está sendo realizada como, por exemplo, a fadiga, o ritmo e as necessidades fisiológicas.

A aplicação desses fatores varia de acordo com o nível de relevância dos dados que se deseja obter, ou seja, quanto maior a quantidade de fatores compreendidos maior é a probabilidade de o tempo-padrão obtido estar mais próximo da realidade. Dessa maneira, a consideração ficará a critério da equipe que esta realizando o estudo, além do nível de significância que se deseja obter para os seus dados.

Barnes (1977) destaca que três tipos de tolerância devem ser considerados e que não devem fazer parte do fator de ritmo avaliado, para que sejam obtidos resultados mais satisfatórios: Tolerância pessoal, que consiste na tolerância que deve ser considerada primeiramente e que é determinada através de levantamento contínuo ou por amostragem de observações instantâneas de diversas classes de trabalho de modo que considerando uma jornada de trabalho de 8 horas com as devidas interrupções, o trabalhador usará em média de 2% a 5% por dia, o que deve variar de acordo com a carga física exigida para realização da atividade; Tolerância para fadiga, a qual compreende um desconto devido às condições de trabalho (umidade, calor, periculosidade) e a carga física e mental exigida para a atividade, de modo que períodos de descanso podem ser intercalados a jornada de trabalho e as medições são em sua maioria realizadas com base em padrões e tabelas existentes na literatura; além da Tolerância para espera, que consiste em esperas inevitáveis causadas pela máquina, operador, reuniões, ajuste de ferramentas ou troca de materiais. Dessa forma, essas interrupções devem ser determinadas através de estudos contínuos por amostragens ou observações instantâneas, capazes de fornecer dados com um nível de significância desejado.

Porém, Barnes (1977) afirma que a tolerância por fadiga deve ser considerada com menor importância em relação às outras duas devido aos crescentes estudos em ergonomia capazes de reduzir a ocorrência de acidentes, esforços e movimentações desnecessárias. Entretanto, observa-se que essa afirmação deve ser avaliada, visto que apesar dos consideráveis avanços nessas áreas além dos vultosos investimentos realizados pelas empresas no âmbito da aplicação de intervenções ergonômicas de correção e de concepção, é visível a importância de considerar com a mesma importância esse tipo de tolerância uma vez que ela pode representar queda de produtividade, aumento de queixas de funcionários e causas trabalhistas, por exemplo, advindas de condições deficientes para realização do trabalho.

A seguir, são apresentados na figura 2.5 alguns valores percentuais relativos à tolerância pessoal e para fadiga a serem incorporados ao tempo normal, para obtenção do tempo-padrão:

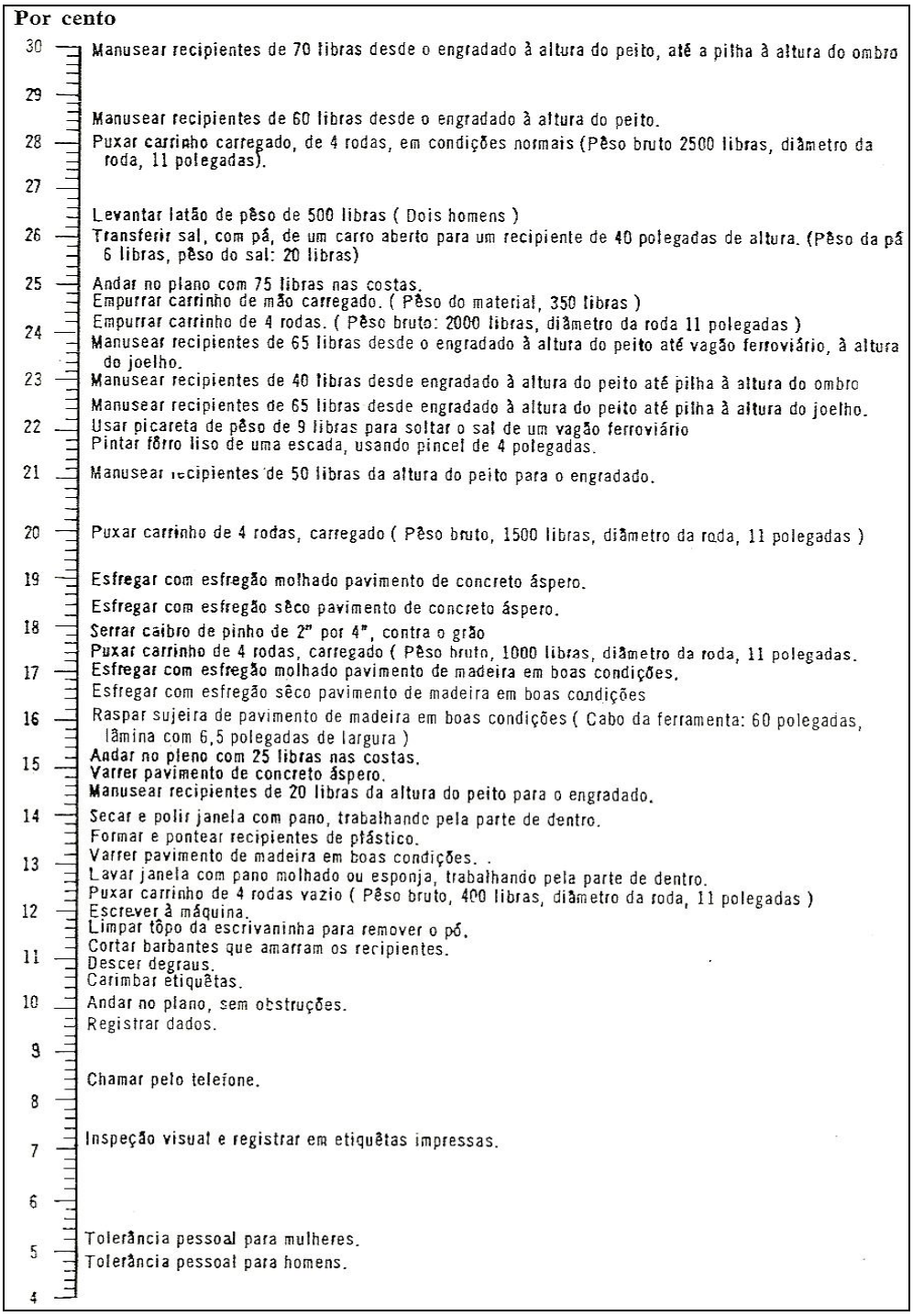


Figura 2.5 – Tolerâncias pessoais e para fadiga (%)
Fonte: Barnes (1977)

É importante ressaltar ainda a relação do estudo de tempos e movimentos, que abrange a medida do trabalho, com a ergonomia, que surgiu como uma ferramenta para melhorar as condições do trabalho. Conforme afirma Iida (2005), a ergonomia na indústria veio contribuir

para melhorar a eficiência, a confiabilidade e a qualidade das operações industriais através de três fatores: o aperfeiçoamento do sistema homem-máquina-ambiente, a organização do trabalho e a melhoria das condições do trabalho.

Dessa maneira, visualiza-se que tendo como corrente precursora de pensamento o Taylorismo, a Ergonomia foi de extrema importância para melhorar a satisfação dos trabalhadores na execução dos seus trabalhos. Além disso, permitiu uma menor resistência em relação ao trabalho de mensuração dos tempos por parte dos operadores, visto que inicialmente ao ser idealizado por Taylor, o estudo de movimentos, envolvendo a cronometragem, o estabelecimento do tempo-padrão e a associação de desempenho com políticas de incentivos salariais, tornou-se bastante rígido em relação às condições reais dos trabalhadores, uma vez que muitas vezes desconsiderava a incapacidade de atingir determinados níveis de produtividade, atendo-se apenas para os resultados impostos.

Portanto, é possível perceber que a ergonomia exerceu grande influência sobre a tolerância por fadiga, haja vista que possibilitou grandes avanços nessa área, interferindo, assim, nos tempos padrões obtidos.

2.3 Balanceamento

No passado, o controle do processo consistia em duas importantes funções na produção: o controle da programação (estabelecimento do ritmo de produção) e o equilíbrio entre a carga e a produtividade, que podem ser compreendidos, respectivamente, como o volume de trabalho que precisa ser executado, e a habilidade da máquina e do operador em concluir o trabalho designado, de acordo com o STP, como Balanceamento (SHINGO, 1996).

Segundo Shingo (1996), o Balanceamento determina que os processos devam estar dispostos de modo a facilitar a produção da quantidade necessária, no momento necessário e com os trabalhadores e equipamentos voltados para esse fim. Logo, podemos inferir que a carga de mão-de-obra deve estar alocada de forma a equiparar cada etapa do processo produtivo e nivelar a produção ao longo do fluxo, de modo que a filosofia *JIT* possa ser implementada, ou seja, o sistema de produção seja do tipo puxado com uma utilização eficiente dos recursos, evitando o estoque de materiais ao longo do processo e a ociosidade do contingente de funcionários e máquinas.

Dentro desse contexto, é importante ressaltar, também, que as etapas devem seguir um ritmo de produção que permita o abastecimento e recebimento dos materiais em processo ao longo das operações, ou seja, faz-se necessário estabelecer uma relação entre os tempos, o

volume de produção e a alocação dos recursos, visto que essa relação envolve fatores críticos para a eficiência do processo.

Para Alvarez & Antunes Jr. (2001) a sincronização da produção deve ser embasada em três conceitos: *takt time*, tempo de ciclo e tempo padrão. Além disso, Alvarez & Antunes Jr. (2001) consideram que o tempo de ciclo é definido em função dos tempos unitários de processamento de cada máquina/posto (tempo-padrão) e o número de trabalhadores na célula ou linha de produção, ao passo que o *takt time* (ritmo de produção) consiste na relação entre o total de tempo disponível e o volume produzido, ou seja, afirmam que o sistema de gestão da produção baseado no *takt time* se apóia no estabelecimento do ritmo de produção desejado com o intuito de levantar possíveis pontos de melhoria, além da formação de um contingente de recursos humanos multifuncionais, capaz de ser alocado de forma flexível entre as operações, para atender as flutuações entre demanda e necessidade de produção.

Avaliando os avanços nos estudos ao longo do tempo e a constante busca por desenvolvimento de ferramentas mais práticas e que possam servir de apoio para a gestão dos processos produtivos, pode-se observar alguns estudos relativos ao balanceamento com base no tempo padrão. Conforme Leal *et. al.* (2005), o cálculo do tempo-padrão pode ser aliado a uma ferramenta desenvolvida em computador, ou seja, um Software que com base em algumas informações de entrada fornecidas referentes ao nível de significância desejado para a amostra, ao nível de fadiga física e mental, e ao ritmo e esforço associe determinado percentual a cada um dos níveis de escala considerados e seja capaz de fornecer um resultado com maior praticidade.

Contudo, pode-se observar que o processo de medição de tempo é uma atividade bastante peculiar que carrega uma série de variáveis e interferências que provavelmente não possam ser completamente englobadas em um software, ou seja, por mais eficiente que seja a quantidade de informações que compõem um software para mensuração do tempo-padrão fica claro que o processo de análise em campo ou com o auxílio de filmes pode ser mais realista e levar a resultados mais coerentes.

2.4 Planejamento e Controle da Produção

Considerando a variação de demanda e as interferências inerentes ao processo, para obtenção de vantagem competitiva o sistema produtivo deve estar sempre com um planejamento de curto ou longo prazo capaz de determinar o que será produzido, assim como a quantidade e o período em que essa produção deve ser concebida.

De acordo com Moreira (2009), esse planejamento permite uma referência para a alocação de recursos como mão-de-obra, equipamentos, materiais, máquinas, horas-extras e subcontratações. Dentro desse contexto, Corrêa (2001) afirma que o Plano Mestre de Produção deve ser integrado com outros setores como vendas, marketing, engenharia, finanças e manufatura de forma a determinar as quantidades planejadas que dirigem os sistemas de gestão de materiais e capacidade, através da equiparação entre a expectativa de demanda e o levantamento dos recursos disponíveis.

Assim, com base no mesmo autor, vê-se uma relação direta entre o plano mestre de produção e o planejamento da necessidade de materiais, principalmente através da Figura 2.6 que apresenta três blocos componentes do MRPII: o *comando* que envolve as decisões da alta direção e é responsável pelo desempenho competitivo da organização, que engloba o S&OP (Planejamento de Vendas e Operações) e o RCCP (Planejamento de Capacidade de Médio Prazo) que serve como uma base para a elaboração do MPS (Planejamento Mestre da Produção); o *motor* que envolve CRP (Planejamento da Capacidade de curto prazo) e MRP (Planejamento das necessidades de materiais) - os níveis mais baixos de planejamento - responsáveis pela determinação de o que, quanto e quando produzir e/ou comprar, além da gestão da capacidade de curto prazo; e finalmente as *rodas* que seriam o setor de compras e o SFC (Controle do chão de fábrica) que podem ser compreendidos como os módulos responsáveis pela execução do que foi planejado, além da realimentação de todo o processo de planejamento e controle da produção.

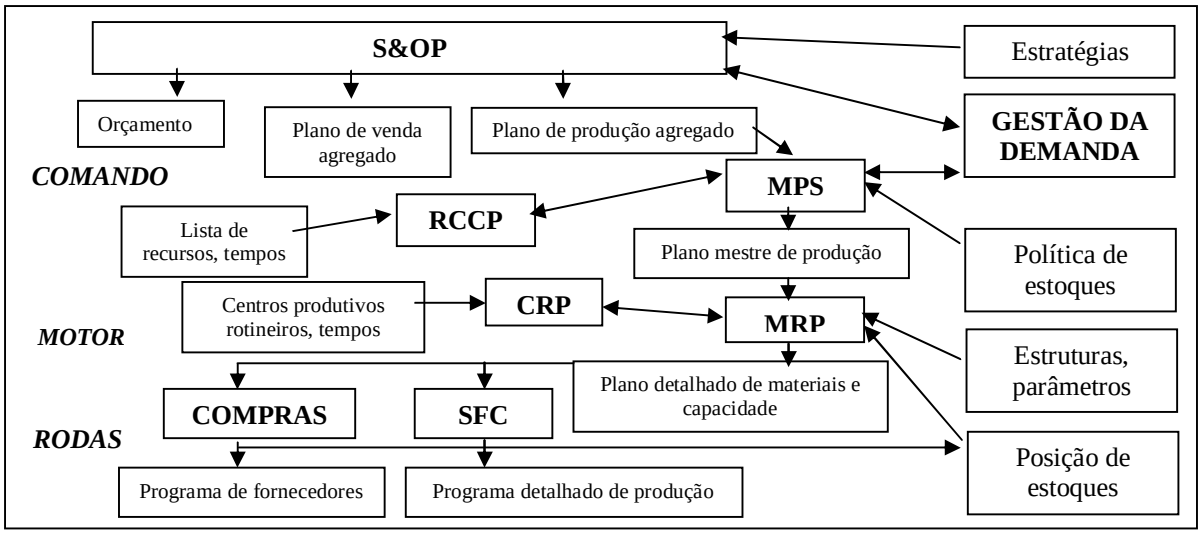


Figura 2.6- Sistema MRPII
Fonte: Adaptado de Corrêa et. al. (2001)

3. ESTUDO DE CASO

3.1 Empresa estudada

Inicialmente, para uma melhor compreensão do estudo que é apresentado, é importante que seja dada uma visão da empresa e de seu processo produtivo. A empresa em que foi aplicado o estudo de caso está localizada em Recife – Pernambuco e tem como ramo de atuação o setor energético, através da fabricação de painéis elétricos de média e baixa tensão para utilização em processos de geração e cogeração de energia elétrica.

A empresa analisada conta com 120 funcionários alocados no setor de produção industrial e distribuídos em seis macro-operações que consistem desde a fabricação das chapas de aço que irão compor a estrutura mecânica do painel até os processos de montagem eletromecânica e fiação elétrica.

3.2 Processo produtivo

O Sistema de Produção é responsável pela transformação dos insumos em produto/serviço final, a partir do processo de transformação, que utiliza todo o conjunto de recursos de transformação (Instalações e pessoas) e a serem transformados (materiais e informações) necessários e que está sujeito às interferências internas ou externas ao processo. Assim, pode-se considerar que o processo da empresa metalúrgica estudada se apresenta como um Sistema de Produção Intermitente, ou seja, que consiste em uma produção em lotes com uma considerável flexibilidade e um volume total de produção inferior quando comparado a um Sistema de produção em massa, o qual é caracterizado por um grande volume e uma alta padronização, estabelecendo-se como um fluxo contínuo de produção.

O sistema produtivo da empresa pode ser caracterizado como intermitente devido ao fato da empresa fabricar painéis com diferentes configurações e, conseqüentemente, conjunto de peças componentes. Logo, de acordo com o tipo do painel, o lote de peças irá ser submetido ou não a determinada etapa do processo a depender das especificações do cliente no processo de encomenda do painel. Por exemplo, algumas peças podem ser zincadas ou pintadas de modo que as segundas devem ser submetidas ao processo de fosfatização e pintura ao passo que as primeiras após serem cortadas, puncionadas, dobradas, soldadas e acabadas seguem diretamente para o processo de montagem mecânica.

Sendo o Sistema de Produção do tipo intermitente, pode ser associado ainda um arranjo físico por processo ou funcional, visto que as máquinas são dispostas de acordo com as

macro-operações que compõem os diferentes centros de trabalho, e o lote de peças pode ser submetido ou não a determinada máquina ao longo do fluxo de produção.

O processo de fabricação em lotes, após determinação do projeto do painel, inicia-se no setor de Serralharia, aonde são processadas as chapas de aço-carbono e zincadas, passando pelas operações de corte, punção, viração, solda e acabamento. Posteriormente, o conjunto de peças (lote) componentes de uma determinada ordem de produção segue para o processo de tratamento superficial, que consiste nas etapas de fosfatização e pintura.

Após receber o tratamento e cor adequada, caso necessário, o conjunto de peças segue para o processo de montagem mecânica, aonde será montada a estrutura e colocados os componentes elétricos de porte maior como disjuntores e chaves seccionadoras, por exemplo.

A colocação dos componentes elétricos de maior porte, concomitantemente ao processo de montagem mecânica, pode ter a sua necessidade explicada pelo fato de ganho ergonômico. Ou seja, após a montagem da estrutura uma operação para colocação de um disjuntor com cerca de 200 quilos, por exemplo, irá contribuir diretamente para um aumento da dificuldade na realização da tarefa e também de fadiga física do operador, o que pode finalmente culminar com um tempo-padrão de fabricação mais elevado, após aplicação do fator de tolerância relativo à fadiga envolvida na atividade.

Ao ser erguida, a estrutura segue para o processo de montagem elétrica, que engloba a preparação da chapa, colocação dos componentes elétricos de menor porte, fiação elétrica, fabricação e montagem dos barramentos de cobre no painel e o fechamento da montagem elétrica. Essas atividades compreendem um conjunto de operações mais minuciosas, ou seja, é importante a aplicação de postos de trabalho que permitam um contato visual mais próximo e um alcance manual que seja seguro para toda a extensão do painel que está sendo montado. Essas medidas podem ser explicadas pela preocupação em propiciar uma atividade com maior nível de segurança para o operador e que favoreça aos movimentos no decorrer das operações, reduzindo os esforços envolvidos e contribuindo para uma maior satisfação do funcionário na execução do trabalho.

O processo em que foi aplicado o estudo de tempos e movimentos e que é descrito no presente trabalho consiste nas etapas componentes da montagem elétrica, por ser um trabalho que apresenta um percentual de atividade manual considerável e que ainda não tinha qualquer estudo referente à medida do trabalho como nos processos precedentes. Isso pode ser compreendido, pela característica das operações existentes nos centros de trabalho da Serralharia, Fosfatização e Pintura que envolvem um número maior de máquinas e um

percentual de trabalho manual inferior quando comparado as atividades do Setor de montagem elétrica, de modo que pode ser aplicado mais facilmente o Diagrama homem-máquina e estudos referentes ao tempo de *setup* das máquinas, para uma redução da ociosidade do funcionário e do equipamento.

Abaixo, na Figura 3.1, pode ser observado o fluxograma geral do processo de fabricação de painéis da empresa:

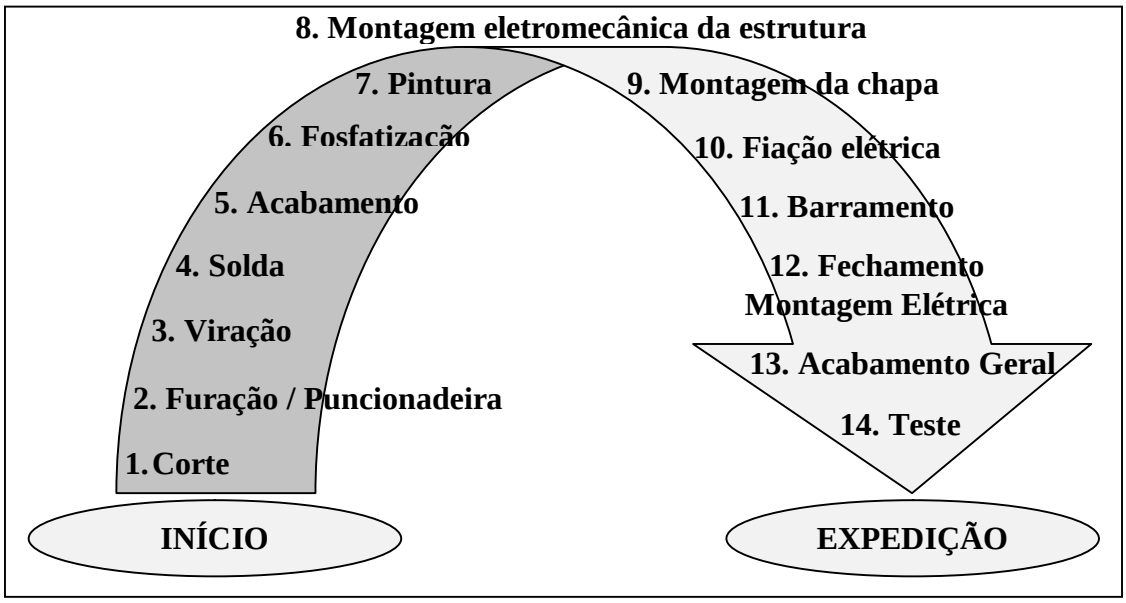


Figura 3.1- Fluxograma do processo de fabricação de painéis
Fonte: Autor

Além disso, outro fato que deve ser observado é que o estudo de tempos e movimentos na fábrica começou a ser realizado pelas atividades iniciais do processo e a conseqüente aplicação nas etapas subseqüentes. Assim, apenas após uma compreensão mais realista dos tempos envolvidos para transformação das chapas de aços em peças acabadas, do processo de fosfatização e pintura e dos tempos envolvidos na montagem mecânica, ou seja, das operações que compõem o início do processo, é que foi possível iniciar o estudo na etapa final do fluxo produtivo, ou seja, nas operações componentes da montagem elétrica.

As análises referentes à alocação de mão-de-obra e medida da eficiência do contingente de funcionários ainda eram estimadas e baseadas no sentimento, de maneira que se tornou essencial a realização de um estudo nesse sentido para aprimorar e tornar mais próximas da realidade as considerações acerca da distribuição da mão-de-obra e da determinação de sua necessidade, de acordo com o volume demandado e especificado pelo mix de produtos para todos os centros de trabalho do processo produtivo.

Como explicitado no capítulo 2, algumas técnicas são utilizadas para determinação do melhor método dentro do projeto do trabalho para que possa ser realizada a medida do

trabalho e a avaliação dos tempos envolvidos na realização das operações componentes do processo. Deste modo serão ressaltados os motivos para utilização ou não destas ferramentas.

3.3 Estrutura da pesquisa

A pesquisa teve a sua metodologia determinada, conforme Figura 3.2, de forma que o trabalho envolveu a determinação das características do processo de coleta de dados como: determinação do horário, do tamanho da amostra, do nível de significância desejado para os dados obtidos, a cronometragem das operações, a determinação dos fatores de tolerância a serem aplicados ao tempo normal cronometrado, a maneira como seriam considerados os fatores de tolerância, a determinação do tempo-padrão, e enfim a conclusão dos dados quantitativos obtidos e a relação com o mix de produtos para determinado período, com o intuito de determinar a eficiência do contingente de funcionários disponível e realizar o balanceamento da mão-de-obra entre as operações analisadas.

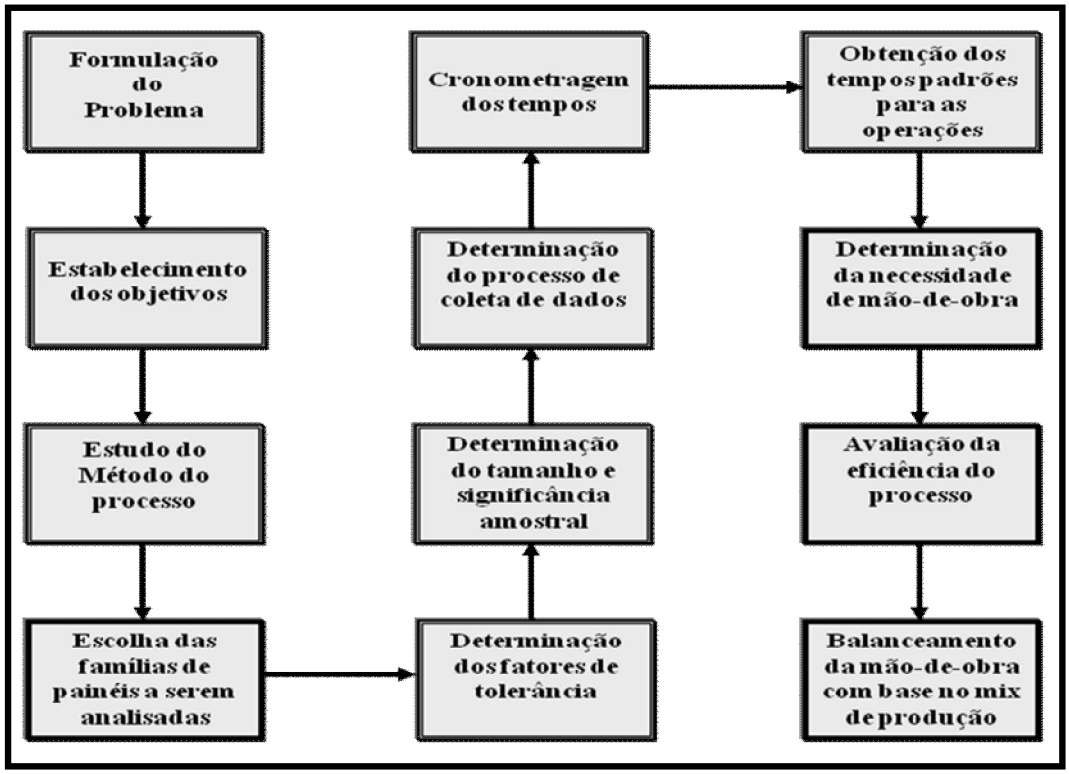


Figura 3.2 – Representação esquemática das etapas envolvidas no estudo de caso
Fonte: Autor

A formulação do problema foi feita com base na necessidade de ser possível alocar a mão-de-obra disponível da melhor maneira possível, ou seja, atingir o que seria uma distribuição de funcionários para execução das operações com o intuito de atender ao estabelecido no planejamento da produção, o que envolve a quantidade, o período e o volume

de produção necessário a ser atendido. Portanto, o problema analisado pelo estudo consiste em dimensionar e alocar a mão-de-obra ao longo do fluxo de produção, de forma a atender os requisitos estabelecidos no Plano Mestre de Produção com uma eficiência desejada para os recursos humanos envolvidos no processo, utilizando para isso o projeto do trabalho e, mais especificamente, os tempos padrões envolvidos nas operações como ferramenta.

3.4 Levantamento dos dados

Após o delineamento do problema e dos objetivos desejados, o estudo teve início na observação do método que estava em uso, assim como das possíveis variações existentes entre o método de trabalho dos diferentes operadores que executaram as operações componentes da montagem elétrica durante o período de análise do método.

A montagem elétrica foi subdivida nas seguintes operações: preparação da chapa, fiação elétrica, confecção de barramentos e fechamento da montagem elétrica. Além disso, cada operação foi analisada dentro do conceito do estudo do método, sendo concluídos os seguintes fluxogramas de atividades para cada uma das operações, conforme pode ser observado nas Figuras 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 e 3,7.

DIAGRAMA DE FLUXO DO PROCESSO		
ATIVIDADE: PRERAÇÃO DA CHAPA DE MONTAGEM		LOCALIZAÇÃO: SME
	OPERAÇÕES	TIPOS DE EVENTOS
1	Conferir no Lançamento Elétrico as dimensões da chapa, o tamanho da canaleta que será utilizada e o espaço disponível para os equipamentos	
2	Transportar chapa para o posto de trabalho	
3	Conferir com a trena as dimensões da chapa identificada para a ordem de produção	
4	Traçar na chapa as cotas das canaletas de acordo com o Lançamento Elétrico	
5	Requisitar materiais pendentes, caso seja necessário	
6	Transportar materiais pendentes para posto de trabalho	
7	Pegar canaletas adequadas, de acordo com o Lançamento Elétrico, e ferramentas para corte das canaletas	
8	Cortar canaletas com as dimensões estabelecidas com o auxílio da guilhotina na mesa de corte	
9	Pegar trilhos	
10	Fixar canaletas na chapa com fita crepe para delimitar as cotas dos trilhos	
11	Determinar posição dos trilhos de acordo com o espaço entre as canaletas e os equipamentos que serão colocados na chapa	
12	Cortar e Furar trilhos na mesa de corte	
13	Pegar ferramenta para realizar furação e abertura de rosca na chapa	
14	Abrir rosca dos furos da chapa destinados aos trilhos com o auxílio da rosqueadeira e tomada	
15	Limpeza da chapa(limalha)	
16	Pegar rebites e parafusos para fixação das canaletas e trilhos	
17	Fixar canaletas na chapa com rebite	
18	Pegar ferramenta para fixação dos trilhos	
19	Fixar os trilhos com o auxílio de uma chave de fenda	
20	Identificar chapa de montagem acabada com etiqueta	
21	Transportar chapa acabada para o setor de fiação elétrica	
22	Armazenar chapa acabada na área de fiação elétrica	

Figura 3.3 – Fluxograma do processo de preparação da chapa de montagem
Fonte: Autor

DIAGRAMA DE FLUXO DO PROCESSO		
ATIVIDADE: FIAÇÃO ELÉTRICA		LOCALIZAÇÃO: SME
OPERAÇÕES		TIPOS DE EVENTOS
1	Listar equipamentos na lista de materiais do Lançamento Elétrico	
2	Transportar equipamentos para chapa	
3	Fixar equipamentos na chapa observando layout elétrico	
4	Requisitar material pendente,caso seja necessário	
5	Transportar materiais pendentes para chapa	
6	Colocar material pendente na chapa	
7	Preparar os cabos de força	
8	Interligar cabos de força	
9	Identificar cabos de força	
10	Verificar os pontos da planiha elétrica	
11	Requisitar cabo ou materiais, caso não tenha na área de fiação	
12	Transportar materiais pendentes para área	
13	Preparar os cabos de comando	
14	Interligar cabos de comando	
15	Identificar cabos de comando	
16	Listar e requisitar anilhas (identificação dos cabos) que estão pendentes	
17	Dar acabamento final na fiação	
18	Transportar chapa para o painel	
19	Fixação da chapa no painel para realização do fechamento elétrico do painel	

Figura 3.4 – Fluxograma do processo de fiação elétrica
Fonte: Autor

DIAGRAMA DE FLUXO DO PROCESSO		
ATIVIDADE: FECHAMENTO DA MONTAGEM ELÉTRICA		LOCALIZAÇÃO: SME
OPERAÇÕES		TIPOS DE EVENTOS
1	Colocar equipamentos e canaletas na porta do painel	
2	Colocar equipamentos elétricos no painel	
3	Requisitar materiais pendentes, caso seja necessário	
4	Transportar materiais pendentes para o painel	
5	Interligar componentes da chapa, do painel e e da porta do painel	
6	Identificar equipamentos do painel	
7	Colocar peças de proteção do painel	
8	Colocar etiquetas de identificação do painel	
9	Transportar painel para área de testes	
10	Aguardar teste para expedição do painel	

Figura 3.5 – Fluxograma do processo de fechamento da montagem elétrica
Fonte: Autor

DIAGRAMA DE FLUXO DO PROCESSO		
ATIVIDADE: CONFECÇÃO DE BARRAMENTOS COM PROTEÇÃO PLÁSTICA		LOCALIZAÇÃO: SME
	OPERAÇÕES	TIPOS DE EVENTOS
1	Analisar desenho das peças no lançamento elétrico	
2	Requisitar materiais pendentes, caso seja necessário	
3	Transportar materiais pendentes para posto de trabalho	
4	Transporte para mesa de policorte	
5	Corte de barramentos na mesa de policorte	
6	Acabamento das extremidades dos barramentos	
7	Marcação das furações de acordo com layout elétrico	
8	Transporte para furadeira	
9	Furação dos barramentos de acordo com layout elétrico	
10	Transporte para viradeira	
11	Viração dos barramentos de acordo com layout elétrico	
12	Transporte para área de prateamento	
13	Tratamento da superfície do barramento com aplicação de pratex	
14	Transporte para bancada de acabamento	
15	Revestimento plástico e acabamento do barramento	
16	Aquecimento do barramento na estufa	
17	Transporte dos barramentos prontos para o painel	
18	Montagem mecânica dos barramentos no painel	

Figura 3.6 – Fluxograma do processo de confecção de barramentos com proteção plástica
Fonte: Autor

DIAGRAMA DE FLUXO DO PROCESSO		
ATIVIDADE: CONFECÇÃO DE BARRAMENTOS PINTADOS		LOCALIZAÇÃO: SME
	OPERAÇÕES	TIPOS DE EVENTOS
1	Analisar desenho das peças no lançamento elétrico	
2	Requisitar materiais pendentes, caso seja necessário	
3	Transportar materiais pendentes para posto de trabalho	
4	Transporte para mesa de policorte	
5	Corte de barramentos na mesa de policorte	
6	Acabamento das extremidades dos barramentos	
7	Marcação das furações de acordo com layout elétrico	
8	Transporte para furadeira	
9	Furação dos barramentos de acordo com layout elétrico	
10	Transporte para viradeira	
11	Viração dos barramentos de acordo com layout elétrico	
12	Transporte para área de prateamento	
13	Tratamento da superfície do barramento com aplicação de pratex	
14	Transporte para bancada de acabamento	
15	Acabamento do barramento	
16	Transporte para setor de pintura	
16	Pintura dos barramentos	
17	Transporte dos barramentos prontos para o painel	
18	Montagem mecânica dos barramentos no painel	

Figura 3.7 – Fluxograma do processo de confecção de barramentos pintados
Fonte: Autor

Tendo sido determinado os métodos adequados para a realização de cada uma das operações componentes da montagem elétrica, passou-se a ser necessária a diferenciação dos painéis por famílias de acordo com o nível de dificuldade e as características semelhantes entre eles. Assim foram consideradas as seguintes famílias, conforme Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Diferenciação das famílias de painéis por grau de dificuldade de montagem

FAMÍLIA	PAINÉIS	CARACTERÍSTICAS
M_1	PNDMT / PNGMT / PNPMT / PNMT	Montagem pesada de comandos e componentes
M_2	PNAT / PNST / PNSEC / PNSAT	Montagem leve de comandos e componentes
B_1	PNDBT / PNBT / PNGBT	Montagem pesada de comandos e barramentos
B_2	CCMBT	Montagem muito pesada de comandos e barramentos
$B_{3.1}$	PNR / PNPE / PNC / PNP / PNPA / PNE / PNPC / PNCS	Montagem muito pesada de comandos e leve de barramentos
$B_{3.2}$	PNSA / PNMED	Montagem moderada de comandos e leve de barramentos
B_4	QDF / QDCA / QDCC / QDFL / QDL	Montagem leve de comandos e barramentos

Fonte: Autor

Foi determinado durante a fase de escolha das famílias, que todas seriam avaliadas quanto ao tempo padrão e incorporadas na base de dados da pesquisa. Com isso, o estudo permitiu a análise de qualquer tipo de painel fabricado na empresa, de maneira que cada família tem um número de cinco elementos amostrais iniciais, obtidos por cronometragem e acompanhamento das operações.

Os fatores de tolerância foram determinados na seqüência, uma vez que esses elementos irão influenciar os valores obtidos e justificar a relevância dos dados, de acordo com o modo como são tratados. Todas as operações tiveram como fatores de tolerância considerados, a fadiga, que foi medida com base em valores padrões constantes na literatura, através da Figura 2.5 e da Tabela 2.1 e 2.2; as necessidades fisiológicas, que foram medidas também com base na literatura, através da Figura 2.5 e da Tabela 2.1; e o ritmo, que foi determinado pelo sentimento do analista de tempos no momento da medição e com base na Tabela 2.2.

Como visto anteriormente, a partir da equação (14) pode ser calculado o tamanho amostral para as amostras representativas de cada operação realizada para cada família de painéis. De acordo com Lourenço Filho (1977) a Distribuição Normal é a mais importante das distribuições de probabilidade sendo bastante importante não só para a aplicação teórica, como também para utilização em problemas industriais.

Dessa forma, pode-se obter com base na curva normal o número de desvios padrão para a curva normalizada que atende a determinado grau de confiança desejado. Para o estudo, o grau de confiança considerado foi de 95%, o que corresponde a um número de 1,96 desvios padrão afastados da média, que representa o valor máximo de probabilidade. Definido o grau de significância desejado para as amostras, foram realizadas inicialmente cinco medições para cada operação componente do processo de montagem elétrica para cada família de painéis, que ainda com base em um erro percentual (diferença entre o valor obtido e a média real da população) de 5% como aceitável, culminou com valores variáveis para os tamanhos amostrais de cada família de painéis, uma vez que foram obtidos diferentes valores para o desvio padrão amostral e para a média dos elementos amostrais obtidos.

A determinação do estimador do desvio padrão amostral para cada amostra foi feita com base na equação 15.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2} \qquad \textbf{(15)}$$

Assim, pode ser observado a seguir o tamanho amostral necessário para cada família de painéis, com base nas medições realizadas, considerando a aceitação de um erro percentual de 5% e um nível de significância de 95%, através da aplicação da equação 14.

Para a família M_1, que engloba os painéis do tipo PNGMT (Painel de Geração em Média Tensão), PNMT (Painel em Média Tensão), PNPMT (Painel de Proteção em Média Tensão) e PNDMT (Painel de Disjunção em Média Tensão) foram obtidos cinco elementos amostrais relativos aos tempos operacionais padrão (em horas) para cada operação, de acordo com a Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Tempos operacionais padrão (em horas) e variáveis amostrais por operação para família M_1

FAMÍLIA M_1				
ELEMENTOS AMOSTRAIS	**PREPARAÇÃO DE CHAPA**	**FIAÇÃO ELÉTRICA**	**BARRAMENTO**	**FECHAMENTO MONT. ELÉTRICA**
A_1	**1,24**	**4,79**	**14,07**	**18,59**
A_2	**1,45**	**8,38**	**12,59**	**19,72**
A_3	**1,92**	**7,95**	**11,87**	**23,19**
A_4	**1,48**	**6,89**	**10,92**	**17,44**
A_5	**1,33**	**5,57**	**13,48**	**20,94**
MÉDIA AMOSTRAL	**1,48**	**6,72**	**12,59**	**19,98**
DESVIO PADRÃO AMOSTRAL	**0,26**	**1,53**	**1,25**	**2,22**

Fonte: Autor

Logo, para os valores amostrais cronometrados para essa família de painéis, têm-se com base na equação 14 os tamanhos amostrais de 7, 9, 4 e 5 para as operações de preparação de chapa, fiação elétrica, barramento e fechamento da montagem elétrica, respectivamente, para a amostra constituída pelos elementos A_1, A_2, A_3, A_4, A_5.

Em relação a família M_2, que engloba os painéis do tipo PNAT (Painel de Aterramento), PNST (Painel de Surto de Tensão), PNSEC (Painel de Seccionamento) e PNSAT (Painel de Surto e Aterramento) foram obtidos os seguintes elementos amostrais para as cinco medições realizadas, de acordo com a Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Tempos operacionais padrão (em horas) e variáveis amostrais por operação para família M_2

FAMÍLIA M_2				
ELEMENTOS AMOSTRAIS	**PREPARAÇÃO DE CHAPA**	**FIAÇÃO ELÉTRICA**	**BARRAMENTO**	**FECHAMENTO MONT. ELÉTRICA**
B_1	**1,03**	**7,14**	**8,97**	**10,68**
B_2	**0,89**	**7,38**	**4,31**	**16,19**
B_3	**0,77**	**6,41**	**8,56**	**18,64**
B_4	**1,29**	**4,57**	**7,27**	**15,93**
B_5	**1,38**	**5,31**	**7,95**	**17,11**
MÉDIA AMOSTRAL	**1,07**	**6,16**	**7,41**	**15,71**
DESVIO PADRÃO AMOSTRAL	**0,26**	**1,20**	**1,85**	**3,01**

Fonte: Autor

Levando em consideração os valores dos elementos amostrais B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, têm-se com base na equação 14 os tamanhos amostrais de 10, 8, 10 e 8 para as operações de preparação de chapa, fiação elétrica, barramento e fechamento da montagem elétrica, respectivamente.

Para uma avaliação inicial, as famílias B_1 e B_2 foram incorporadas em uma mesma amostra, englobando assim os painéis do tipo PNDBT (Painel de Disjunção em Baixa Tensão), PNBT (Painel de Baixa Tensão), PNGBT (Painel de Geração em Baixa Tensão) e CCMBT (Centro de Comando de Motores em baixa Tensão). Isto pode ser compreendido devido ao fato de o volume de painéis desse tipo serem produzidos com uma menor freqüência e terem relativamente um grau de complexidade similar de montagem. Contudo é visível a necessidade de nas cronometragens futuras realizar uma separação dessas famílias para obtenção de dados mais precisos.

Dessa maneira, a amostra representativa dessas famílias, composta pelos elementos C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, resultou nos seguintes valores amostrais para cada operação, conforme Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Tempos operacionais padrão (em horas) e variáveis amostrais por operação para famílias B_1/B_2

FAMÍLIAS B_1 / B_2				
ELEMENTOS AMOSTRAIS	**PREPARAÇÃO DE CHAPA**	**FIAÇÃO ELÉTRICA**	**BARRAMENTO**	**FECHAMENTO MONTAGEM ELÉTRICA**
C_1	**2,84**	**8,48**	**8,35**	**15,75**
C_2	**1,79**	**7,31**	**10,16**	**13,57**
C_3	**2,02**	**6,89**	**9,92**	**12,79**
C_4	**1,73**	**5,89**	**9,38**	**10,94**
C_5	**3,14**	**5,95**	**10,49**	**11,06**
MÉDIA AMOSTRAL	**2,30**	**6,90**	**9,66**	**12,82**
DESVIO PADRÃO AMOSTRAL	**0,64**	**1,07**	**0,84**	**1,99**

Fonte: Autor

Logo, têm-se com base na equação 14 os tamanhos amostrais de 11, 7, 4 e 7 para as operações de preparação de chapa, fiação elétrica, barramento e fechamento da montagem elétrica, respectivamente.

Para a família $B_{3.1}$, que compreende os painéis do tipo PNR (Painel de Remota), PNPE (Painel de Proteção e Excitação), PNC (Painel de Controle), PNP (Painel de Proteção), PNPA (Painel de Proteção e Aterramento), PNE (Painel de Excitação), PNPC (Painel de Proteção e Controle) e PNCS (Painel de Controle e Sincronismo) foram obtidos os seguintes valores amostrais para cada operação, conforme Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Tempos operacionais padrão (em horas) e variáveis amostrais por operação para família $B_{3.1}$

FAMÍLIA $B_{3.1}$				
ELEMENTOS AMOSTRAIS	**PREPARAÇÃO DE CHAPA**	**FIAÇÃO ELÉTRICA**	**BARRAMENTO**	**FECHAMENTO MONTAGEM ELÉTRICA**
D_1	**1,59**	**23,78**	**4,69**	**33,73**
D_2	**1,93**	**14,46**	**9,90**	**35,64**
D_3	**1,79**	**21,67**	**10,40**	**30,79**
D_4	**2,23**	**20,87**	**11,93**	**28,90**
D_5	**1,18**	**30,33**	**6,79**	**33,14**
MÉDIA AMOSTRAL	**1,74**	**22,22**	**8,74**	**32,44**
DESVIO PADRÃO AMOSTRAL	**0,39**	**5,71**	**2,94**	**2,63**

Fonte: Autor

Desse modo, tem-se a partir da equação 14 os tamanhos amostrais de 9, 8, 14 e 8 para as operações de preparação de chapa, fiação, barramento e fechamento da montagem elétrica, respectivamente com base nos elementos amostrais D_1, D_2, D_3, D_4 e D_5.

Já para a família $B_{3.2}$, que é composta pelos painéis do tipo PNSA (Painel de Serviços Auxiliares) e PNMED (Painel de Medição) foram obtidos os seguintes valores para as cinco medições iniciais realizadas para cada operação, conforme Tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Tempos operacionais padrão (em horas) e variáveis amostrais por operação para família $B_{3.2}$

FAMÍLIA $B_{3.2}$				
ELEMENTOS AMOSTRAIS	**PREPARAÇÃO DE CHAPA**	**FIAÇÃO ELÉTRICA**	**BARRAMENTO**	**FECHAMENTO MONTAGEM ELÉTRICA**
E_1	**2,06**	**12,11**	**4,45**	**6,51**
E_2	**1,55**	**9,79**	**3,92**	**5,28**
E_3	**1,86**	**9,16**	**4,13**	**4,93**
E_4	**1,07**	**7,94**	**3,69**	**4,28**
E_5	**0,94**	**8,78**	**4,74**	**4,73**
MÉDIA AMOSTRAL	**1,50**	**9,56**	**4,19**	**5,15**
DESVIO PADRÃO AMOSTRAL	**0,49**	**1,58**	**0,42**	**0,84**

Fonte: Autor

Analisando os dados apresentados na Tabela 3.6, pode-se concluir com base na equação 14 que o tamanho amostral para as operações de preparação de chapa, fiação, barramento e fechamento da montagem elétrica são 13, 7, 4 e 7, respectivamente com base nos elementos amostrais E_1, E_2, E_3, E_4, E_5.

Avaliando a família B_4, que engloba os painéis do tipo QDF (Quadro de Força), QDCA (Quadro de Corrente Alternada), QDCC (Quadro de Corrente Contínua), QDFL (Quadro de Força e Iluminação), QDL (Quadro de Iluminação) e QDC (Quadro de Distribuição) foram obtidos os seguintes valores de tempo-padrão cronometrados em horas, conforme Figura 3.7.

Tabela 3.7 – Tempos operacionais padrão (em horas) e variáveis amostrais por operação para famílias B_4

FAMÍLIA B_4				
ELEMENTOS AMOSTRAIS	**PREPARAÇÃO DE CHAPA**	**FIAÇÃO ELÉTRICA**	**BARRAMENTO**	**FECHAMENTO MONTAGEM ELÉTRICA**
F_1	**1,23**	**3,68**	**3,61**	**1,98**
F_2	**0,92**	**3,44**	**5,84**	**1,85**
F_3	**0,77**	**2,37**	**3,14**	**1,27**
F_4	**0,84**	**3,92**	**4,11**	**2,12**
F_5	**1,05**	**4,24**	**3,88**	**2,29**
MÉDIA AMOSTRAL	**0,96**	**3,53**	**4,12**	**1,90**
DESVIO PADRÃO AMOSTRAL	**0,18**	**0,71**	**1,03**	**0,39**

Fonte: Autor

Desses elementos amostrais mensurados F_1, F_2 F_3, F_4, F_5, tem-se os tamanhos amostrais de 8, 8, 10 e 9 para as operações de preparação de chapa, fiação elétrica, barramento e fechamento da montagem elétrica, respectivamente, com base nos elementos amostrais F_1, F_2 F_3, F_4, F_5 já mensurados.

Conhecida a quantidade necessária de medições para cada família, ou seja, o tamanho amostral é importante ressaltar também alguns critérios que foram utilizados para o processo de obtenção e medição dos tempos envolvidos na realização das operações. As medições

foram todas realizadas em horários pertencentes ao 1º e 2º turnos, de modo que os tempos foram obtidos sempre entre o horário de 07h30min da manhã até as 17h45min da noite.

A questão da resistência dos funcionários é um ponto de extrema importância e que deve ser ressaltado previamente em qualquer estudo que meça de alguma maneira o desempenho de um operador. A maneira como o profissional deve realizar as suas considerações assim como o prévio treinamento dos operadores envolvidos, constituem um fator crucial para obtenção de sucesso em um estudo de tempos e movimentos.

Dentro desse contexto Barbosa Filho (2008) considera que um bom gestor do processo deve compreender o potencial dos recursos utilizados assim como de suas necessidades e interferências para realização do trabalho, de modo que o levantamento da satisfação do trabalhador e de suas condições, além do fato de simular a realização do trabalho, sentindo as reais condições do trabalhador, pode contribuir para um ambiente mais seguro, com melhores condições e no qual os funcionários exerçam menor resistência aos trabalhos e análises que se deseja realizar no ambiente fabril.

No presente trabalho, todo o processo de coleta de dados foi realizado com base em cronometragens realizadas no chão de fábrica. Além do levantamento dos tempos e da determinação do ritmo do operador, que estava sendo acompanhado, ficou a cargo do analista de tempos a conscientização do operador no tocante a realização do estudo.

As cronometragens foram realizadas com o auxílio de uma folha de acompanhamento de tempos que era levada ao processo para o preenchimento dos dados obtidos ao longo do estudo. A folha pode ser observada na Figura 3.8, que é composta pelas seguintes informações: o operador/operadores que estão realizando a operação, a data, o turno, o início e o fim da atividade, a ordem de produção (registro do tipo e família do painel produzido) que está sendo fabricado e o responsável pelo acompanhamento dos tempos.

É importante ressaltar, também, que a cargo do analista do estudo de tempos fica a responsabilidade de registrar as operações componentes da atividade, além do tempo, da quantidade de pessoas, da quantidade de peças e do ritmo observado para cada uma das operações separadamente. Dessa forma é possível a determinação do tempo normal total para a atividade com base no tempo real cronometrado, que será tratado posteriormente, a fim de que seja obtido o tempo-padrão.

FORMULÁRIO PARA APURAÇÃO DOS TEMPOS OPERACIONAIS						
OPERADOR(ES):		DATA:			TURNO:	
ATIVIDADE:		INÍCIO:			FIM:	
ORDEM DE PRODUÇÃO:		RESPONSÁVEL:				
ITEM	OPERAÇÃO	Tempo (seg.)	Quantidade Pessoas	Quantidade Peças	Ritmo observado	OBSERVAÇÕES
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
TEMPO TOTAL=>						

Figura 3.8 – Folha para apuração dos tempos operacionais cronometrados
Fonte: Autor

Após a obtenção do tempo normal, ou seja, o tempo cronometrado em campo com o auxílio da folha mostrada na Figura 3.8, faz-se necessária a aplicação dos fatores de tolerância e ritmo para determinação do tempo-padrão. Na Figura 3.9, pode-se observar uma representação da planilha de inserção dos fatores de tolerância ao tempo normal obtido na folha para apuração dos tempos operacionais, durante o processo de mensuração dos tempos, para determinação do tempo operacional padrão.

Operador: Rômulo		OP - 9808 - PNST (C1)								
Operação: Confecção de Barramentos										
ITEM	OPERAÇÃO	Tempo Normal (seg)	QTD Pessoas	QTD Peças	Freq.	Tempo Normal (seg)	Fatores de Tolerância			Tempo Operacional Padrão (seg)
							Ritmo	Fadiga	Necessidades pessoais	
1	Corte	1.325	1	11	1,00	1325,00	0,85	1,17	1,05	1383,60
2	Marcar para furação	1.287	1	11	1,00	1287,00	0,80	1,10	1,05	1189,19
3	Furação	1.798	1	11	1,00	1798,00	0,85	1,15	1,05	1845,42
4	Viração	1.719	1	11	1,00	1719,00	0,85	1,17	1,05	1795,02
5	Limar	420	1	11	1,00	420,00	0,90	1,17	1,05	464,37
5	Estufa	10.417	1	6	1,00	10417,00	0,85	1,10	1,05	10226,89
6	Barramentos de Aterramento	7.032	1	6	1,00	7032,00	0,90	1,17	1,05	7774,93
7	Barramentos de Derivação	6.897	1	6	1,00	6897,00	0,90	1,17	1,05	7625,67
	Tempo Total de Montagem =>	30.895		73		30.895				32.305

Total em horas:	8,58
Horas trabalhadas/dia	9,25
Dias necessários:	0,9

Tempo Operacional Padrão (horas)	8,97

Figura 3.9 – Planilha de inserção dos fatores de tolerância para obtenção do tempo padrão
Fonte: Autor

Como citado anteriormente, as operações tiveram os seus fatores estabelecidos concomitantemente ao processo de mensuração dos tempos. Dessa maneira, o ritmo e a fadiga foram representados por valores variáveis, respectivamente, de acordo com a percepção do

desempenho do operador ao longo da realização da operação e ao grau de exigência física para a realização da mesma respectivamente, entretanto, o incremento de tempo ocasionado pelas necessidades pessoais foi constante e sempre considerado como 5% para todas as mensurações realizadas, o que consiste em um valor largamente utilizado e considerado como bastante aceitável e coerente pela literatura. Todos os percentuais representativos dos fatores de tolerância foram embasados nas considerações expostas anteriormente na Tabela 2.1 e na Figura 2.6.

3.5 Dimensionamento de mão-de-obra

Após a obtenção do tempo padrão para as operações, pode ser obtida a média do tempo operacional padrão total para cada família de painéis com base nos elementos amostrais cronometrados, ou seja, que represente o tempo total obtido para a realização das quatro operações que compõem o processo de montagem elétrica dos painéis. A média do tempo operacional padrão total para cada família de painéis (μ) foi obtida com base nos elementos amostrais citados anteriormente e pode ser visualizadas na Tabela 3.8, bem como o tempo em dias para a conclusão do processo de montagem elétrica, assumindo uma carga horária diária de produção de 9,25. Ou seja, essa informação generaliza, com base nos elementos amostrais coletados, um tempo operacional padrão médio para cada família de painéis, informação essencial para o dimensionamento e alocação da mão-de-obra.

Tabela 3.8 – Média Amostral do tempo operacional padrão total (em horas)

FAMÍLIA DE PAINÉIS	ELEMENTOS AMOSTRAIS	MÉDIA AMOSTRAL DO TEMPO OPERACIONAL PADRÃO TOTAL (μ) EM HORAS	TEMPO MÉDIO PARA MONTAGEM ELÉTRICA DO PRODUTO EM DIAS
M_1	A_1, A_2, A_3, A_4, A_5	40,76	4,41
M_2	B_1, B_2, B_3, B_4, B_5	30,36	3,28
B_1 / B_2	C_1, C_2, C_3, C_4, C_5	31,69	3,43
$B_{3.1}$	D_1, D_2, D_3, D_4, D_5	65,15	7,04
$B_{3.2}$	E_1, E_2, E_3, E_4, E_5	20,37	2,21
B_4	F_1, F_2, F_3, F_4, F_5	10,51	1,14

Fonte: Autor

Com base na média do tempo operacional padrão total, é possível a determinação da mão-de-obra necessária para a produção do mix de produtos estabelecido no Plano Mestre de Produção para um determinado período. Assim, com o auxílio dos tempos padrões como ferramenta de análise, a mão-de-obra necessária é obtida com a alimentação dos seguintes dados de entrada:

- Volume a ser produzido de cada família de painéis, estabelecido de acordo com o mix de produtos;
- Horas diárias disponíveis;
- Quantidade de turnos em trabalho;
- Dias úteis a serem trabalhados no período avaliado;
- Quantidade de pessoas envolvidas nas operações.

De posse dos tempos e com a alimentação dos dados de entrada explanados anteriormente, a necessidade de mão-de-obra é determinada da seguinte maneira:

$$\textbf{Nec.}_{(MO)} = \{[(P_n / D_u) \times \mu) / h)] \times Q_p\} \quad (16)$$

De modo que P_n é a quantidade de painéis a ser produzida no período de tempo considerado, D_u é a quantidade de dias úteis a serem trabalhados no período de tempo considerado, μ representa a média das amostras de tempo operacional padrão para cada família de painéis em horas, h a quantidade de horas a ser trabalhada por dia levando-se em consideração os turnos trabalhados e Q_p a quantidade de pessoas envolvidas em cada operação. Portanto, a partir dessa fórmula é determinado um valor numérico representativo da necessidade de mão-de-obra para cada operação de cada família de painéis de forma que a soma de todas as $Nec._{(MO)}$ constitui o total de MO para cada família de painel e finalmente de todo o processo estudado, montagem elétrica, para o atendimento da demanda de painéis estabelecida no planejamento da produção.

Inicialmente é importante definir que a ferramenta passou a ser utilizada para fazer uma avaliação com um horizonte de tempo mensal, ou seja, no início de um mês era avaliada a necessidade e eficiência da mão-de-obra para o mês posterior com base na demanda de painéis programada para o período de modo que as variações de cada período avaliado eram

restritas, apenas, as seguintes variáveis: P_n (Quantidade de painéis a ser produzida, estabelecida pelo mix de produtos para o mês avaliado) e D_u (Quantidade de dias úteis a serem trabalhados no mês avaliado, estabelecida pela quantidade de feriados e dias trabalhados como horas extras). Entretanto, nada impede de que a metodologia seja aplicada

informações relevantes para o período e se tenha um tempo hábil para realizar as modificações no dimensionamento e alocação da mão-de-obra empregada, caso seja necessário.

As outras variáveis permaneceram constantes, visto que para o ano avaliado os turnos são pré-determinados assim como as horas trabalhadas, sendo disponível um total de 9,25 horas disponíveis para a operação produtiva diariamente, informação que está associada à variável *h*. Já a quantidade de pessoas envolvidas na operação (representada pela variável Q_p) também permaneceu constante devido ao fato de os tempos operacionais padrão serem mensurados levando em consideração uma quantidade fixa de funcionários para realização da operação; além da média amostral das mensurações dos tempos padrão, que para serem alteradas precisam que sejam realizadas novas cronometragens dos tempos, ou que seja desejado um erro percentual amostral menor ou um nível de significância mais próximo de 100%, para que sejam obtidos valores de tempos padrão mais próximos da realidade e mais confiáveis a partir de amostras com um número superior de elementos amostrais.

Portanto, para determinação da necessidade de mão-de-obra foram desmembradas as médias amostrais representativas dos tempos operacionais padrão de cada uma das operações para a determinação do contingente de funcionários necessário para a realização de cada uma das operações (preparação de chapa de montagem, fiação elétrica, barramento e fechamento da montagem elétrica para cada família de painéis). Assim, serão apresentados a seguir os resultados obtidos para o mês posterior analisado, que foi constituído por 21 dias úteis trabalhados 9,25 horas, e demandou o mix de produtos composto de acordo com a Tabela 3.9.

Tabela 3.9 – Mix de produtos demandados para o período mensal posterior analisado

QUANTIDADE DE PAINÉIS DEMANDADOS POR FAMÍLIA DE PAINÉIS						**TOTAL**
M_1	**M_2**	**B_1 / B_2**	**$B_{3.1}$**	**$B_{3.2}$**	**B_4**	
15	**18**	**13**	**39**	**11**	**28**	**124**

Fonte: Autor

Assim, com base na média amostral dos tempos operacionais padrão, a necessidade de mão-de-obra para cada família é determinada com a definição das variáveis envolvidas na equação 16, ou seja, na Tabela 3.10 pode ser observada a definição da necessidade para cada uma das famílias de painéis e posteriormente da necessidade geral do processo, envolvendo a soma do contingente de funcionários necessário para cada família.

Tabela 3.10 – Necessidade de mão de obra para cada família de painéis por operação

OPERAÇÃO	FAMÍLIAS DE PAINÉIS					
	M_1	M_2	B_1 / B_2	$B_{3.1}$	$B_{3.2}$	B_4
Preparação de chapa de montagem	**0,11**	**0,10**	**0,15**	**0,35**	**0,08**	**0,14**
Fiação elétrica	**0,52**	**0,57**	**1,29**	**3,51**	**0,47**	**1,19**
Confecção de barramentos	**1,94**	**1,38**	**0,46**	**4,46**	**0,54**	**0,51**
Fechamento da montagem elétrica	**1,54**	**1,46**	**0,86**	**6,51**	**0,29**	**0,27**
TOTAL DE MO NECESSÁRIA POR FAMÍLIA	**4,12**	**3,5**	**14,83**	**2,77**	**1,39**	**2,11**
TOTAL DE MÃO-DE-OBRA A SER ALOCADA NA MONT. ELÉTRICA NO PERÍODO						**28,7**

Fonte: Autor

3.6 Alocação e eficiência da mão-de-obra

Ainda analisando a tabela 3.10, haja vista que é essencial a determinação da necessidade de mão-de-obra para cada um das operações para que seja possível alocar posteriormente o contingente de funcionários, com base nos resultados obtidos a partir do conhecimento do mix de produtos demandado, exposto anteriormente na Tabela 3.9, pode-se visualizar também a média amostral dos tempos operacionais por operação para cada família de painéis, de acordo com a Tabela 3.11.

Tabela 3.11– Média Amostral dos tempos operacionais padrão em horas (μ) por operação para cada família

OPERAÇÃO	FAMÍLIAS DE PAINÉIS					
	M_1	M_2	B_1 / B_2	$B_{3.1}$	$B_{3.2}$	B_4
Preparação de chapa de montagem	**1,48**	**1,03**	**2,31**	**1,74**	**1,49**	**0,96**
Fiação elétrica	**6,72**	**6,16**	**6,91**	**22,21**	**9,56**	**3,53**
Confecção de barramentos	**12,59**	**7,46**	**9,66**	**8,74**	**4,16**	**4,12**
Fechamento da	**19,97**	**15,71**	**12,82**	**32,44**	**5,16**	**1,90**

montagem elétrica						

Fonte: Autor

Já em relação à eficiência da mão-de-obra, pode-se obter tal avaliação em relação ao contingente de funcionários utilizado, a partir da razão entre o total de funcionários necessário estabelecido com base na fórmula 16 apresentada anteriormente e o total real que está sendo

$$\textbf{Ef.}_{\textbf{(MO)}} = \textbf{Nec.}_{\textbf{(MO)}} / \textbf{Total}_{\textbf{(func)}} \quad \textbf{(17)}$$

Logo, sendo o número determinado através da *Nec.* $_{(MO)}$ maior que a quantidade real atribuída de funcionários (Total $_{(func)}$), observa-se que a razão apresenta um coeficiente maior que um, ou seja, a eficiência dos funcionários deve ser maior que 100%, caso contrário a demanda desejada não será produzida; entretanto, caso a *Nec.* $_{(MO)}$ seja menor que a quantidade real atribuída de funcionários (Total $_{(func)}$), observa-se que os funcionários devem atuar com uma eficiência entre 0% < Ef. $_{(MO)}$ < 100%, de forma que pode ser determinado um excesso de funcionários em determinada operação e feito um balanceamento da MO com o intuito de otimizar a sua eficiência ao longo do processo, além de reduzir os custos e a ociosidade observada para a mão-de-obra.

Para o primeiro mês posterior que foi analisado após a realização da pesquisa, observou-se uma demanda de 124 painéis e uma necessidade de mão-de-obra de 28,7 pessoas a ser atribuída no setor de montagem elétrica. Logo, com base na equação 17 e levando-se em conta que a empresa possui 35 funcionários alocados nas quatro operações analisadas do setor de montagem elétrica, observa-se uma eficiência do contingente de funcionários de cerca de Ef. $_{(MO)}$ = 82%.

Finalmente, após a possibilidade de poder avaliar o nível de eficiência do contingente de funcionários, faz-se necessário a realização de modificações na alocação dos funcionários, balanceando-os entre os centros de trabalho componentes das atividades do fluxo produtivo com o intuito de obter uma distribuição ótima.

Dentro desse contexto, caso haja um contingente de funcionários maior que o necessário em uma operação para a produção demandada em certo período, pode-se distribuir os funcionários com base na proporção entre necessidade de mão-de-obra para cada operação, definida a partir dos dados de entrada citados anteriormente, e a necessidade de mão-de-obra total. Ou seja, para o mês analisado, as proporções entre a necessidade de mão de obra de cada operação e a necessidade de mão-de-obra de todo o processo, ver tabela 3.10, representa os valores de 3% do contingente para preparação de chapa, 25% para fiação elétrica, 34% para a confecção de barramentos e 38% para o fechamento da montagem elétrica.

Essa etapa consiste no balanceamento da mão-de-obra com base no mix de produção, que irá determinar a necessidade dos funcionários para cada operação com base no volume de painéis demandados, levando-se em consideração também o tipo dos produtos e os tempos

Portanto, ao multiplicar esses percentuais de cada operação pelo total de funcionários alocados no setor de montagem elétrica (35 operadores), chega-se ao que seria o balanceamento da mão-de-obra. Assim, o balanceamento para o período analisado poderia ser aproximadamente, apresentado com base na seguinte distribuição: 1 funcionário para preparação de chapa de montagem, 9 funcionários na fiação elétrica, 12 funcionários para confecção de barramentos e 13 funcionários para realização do fechamento da montagem elétrica.

É importante observar ainda a importância de se ter funcionários polivalentes que possam realizar as diferentes operações de acordo com a necessidade demandada. Sendo possível, assim, alocar os funcionários nas diferentes operações analisadas.

Nos capítulos posteriores serão analisados os resultados positivos obtidos para a empresa em que foi aplicado o estudo de caso, bem como as limitações encontradas e o que foi possível passar a ser feito com as informações apresentadas no presente capítulo.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com base nos resultados obtidos a partir do estudo de caso apresentado no capítulo anterior, pode-se compreender que nem todas as amostras iniciais obtidas foram suficientes para a obtenção do erro percentual amostral desejado de 5% para amostra, inicialmente. Além disso, é importante ressaltar que algumas famílias de painéis atingiram resultados mais satisfatórios do que outras, como pode ser observado no erro percentual amostral atendido com a amostra de cada uma das famílias, conforme Tabela 4.1.

Tabela 4.1– Erro percentual amostral (%) atendido com as amostras iniciais

FAMÍLIA DE PAINÉIS	**OPERAÇÕES**			
	Preparação de Chapa	Fiação Elétrica	Barramento	Fechamento da Montagem Elétrica
M_1	**6,9%**	**8,93%**	**3,89%**	**4,35%**
M_2	**9,50%**	**7,64%**	**9,79%**	**7,51%**
B_1 / B_2	**10,91%**	**6,05%**	**3,38%**	**6,04%**
$B_{3.1}$	**8,77%**	**10,03%**	**13,11%**	**3,16%**
$B_{3.2}$	**12,67%**	**6,44%**	**3,89%**	**6,39%**
B_4	**7,39%**	**7,88%**	**9,76%**	**7,99%**

Fonte: Autor

Dentro desse contexto, pode-se perceber analisando os erros percentuais da Tabela 4.1, que a operação que obteve uma maior confiabilidade nos dados foi o fechamento da montagem elétrica com uma média de aproximadamente 5,91%. Em seguida as operações de Barramento, Fiação e Preparação de chapa com, respectivamente, 7,31%, 7,83% e 9,36% foram em seqüência as mais confiáveis. Uma explicação pertinente, em relação aos dados citados anteriormente, consiste no fato de que realmente são as operações de preparação de chapa e fiação elétrica que apresentam uma maior variabilidade de projetos, visto que se busca um padrão para a configuração dos barramentos e o fechamento da montagem elétrica apresenta um método mais semelhante de execução, independentemente do tipo de painel.

Já em relação ao tamanho necessário para obtenção do erro percentual desejado de 5 %, no inicio do projeto, observa-se que de modo geral as amostras iniciais atenderam em apenas quatro operações das 24 mensuradas (valor resultante das quatro operações para cada uma das seis famílias diferenciadas), ou seja, o que corresponde a um percentual de 16,67%. Então,

percebe-se a necessidade visível de ser continuado o trabalho para aumentar o tamanho das amostras e atingir os resultados desejados.

Contudo, considerando que todos os dados apresentados foram coletados em três meses, pode-se supor que, em um horizonte semestral de trabalhos voltados para o estudo dos tempos, resultados de grande valia podem ser obtidos e, conseqüentemente, decisões mais coerentes podem ser tomadas no futuro, após o refinamento dos dados levantados no presente trabalho. Porém, é importante que seja avaliado pelo Gestor a questão do investimento para manter uma equipe voltada para a análise dos tempos ao longo desse período, e o posterior ganho que pode ser obtido com dados mais relevantes e confiáveis.

Na Figura 4.1 podem ser observados os tamanhos amostrais necessários, com base nos elementos amostrais mensurados inicialmente, para cada operação do processo de montagem elétrica para as seis famílias analisadas.

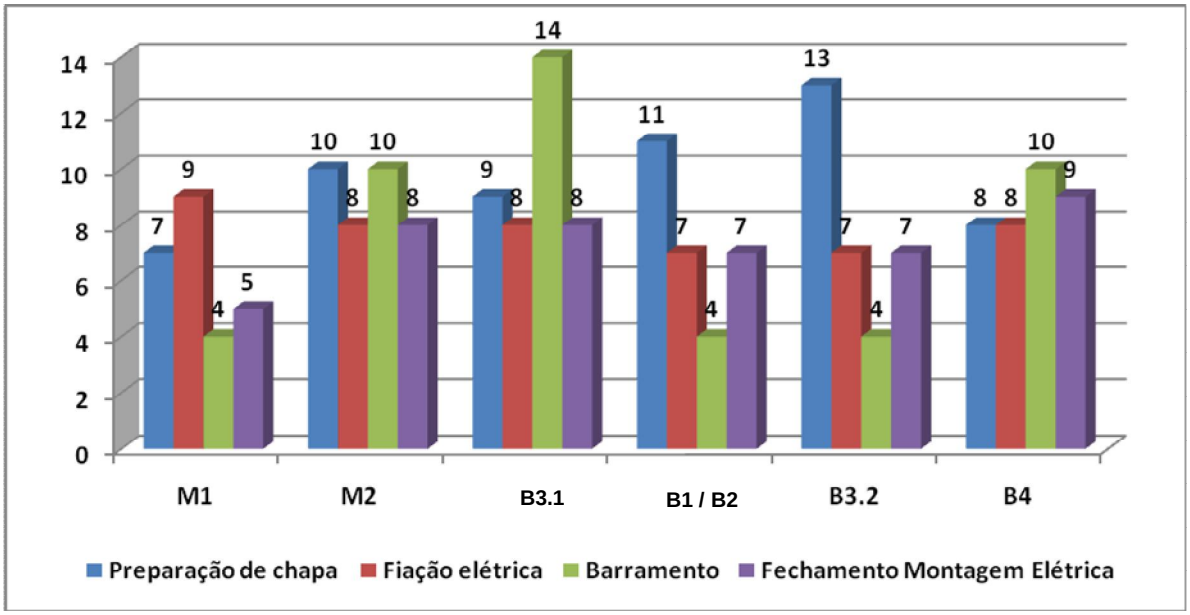


Figura 4.1– Tamanhos amostrais necessários para cada família de painéis a um erro percentual amostral de 5 %

Fonte: Autor

Outro importante fato a ser observado, consiste na não utilização dos diagramas SIMO e homem-máquina ao longo da metodologia apresentada. A partir da utilização desses diagramas poderiam ser obtidas informações que iriam agregar mais informação ao processo de mensuração dos tempos e orientar as decisões para um resultado mais coerente.

A aplicação dos diagramas SIMO e homem-máquina pode futuramente ser iniciada nos setores de Serralharia e Fosfatização e Pintura, podendo em seqüência ser replicada para o processo de montagem elétrica, assim como foi feito com o processo de mensuração dos

tempos. A utilização dessas ferramentas, em conjunto com o estudo apresentado, pode dar um nível de precisão mais detalhado acerca da ociosidade dos funcionários, bem como dos tempos necessários, porém será necessário um estudo mais minucioso do método e, conseqüentemente, um tempo maior para a conclusão do trabalho.

Contudo, os resultados iniciais foram bastante satisfatórios e mostram o quanto o gestor deve se ater as informações obtidas a partir do processo, uma vez que com base nos valores numéricos relativos ao tempo-padrão envolvido nas operações, é possível tomar várias decisões, desde a avaliação do ritmo do processo até a distribuição da mão-de-obra e o conseqüente planejamento a curto e longo prazo acerca do atendimento da demanda estabelecida. Ainda, dentro desse contexto, avaliando a situação da empresa em que foi aplicada a pesquisa, foi possível monitorar o ritmo de produção, ampliar o conhecimento acerca do tempo necessário para conclusão das operações do processo de montagem elétrica e os relativos *lead times* para cada produto, verificar quais produtos implicam em maior tempo de montagem e possuir uma ferramenta que propicie a avaliação da viabilidade do Plano Mestre de Produção para um período posterior.

Em relação ao processo de mensuração dos tempos, é importante ressaltar que apesar de ser necessário um investimento inicial mais vultoso para a instalação de câmeras no processo produtivo, esse sistema para a realização do estudo de tempos e movimentos se mostra mais eficiente quando comparado ao estudo com base na cronometragem, que foi explanado no presente trabalho. Além disso, esse investimento inicial mais elevado pode ser rapidamente viabilizado, levando-se em conta que é possível ser obtido um número de elementos amostrais mais rapidamente do que se for realizado um estudo com base em cronometragens realizadas em campo.

Utilizando-se de vídeos, uma equipe de análise dos tempos pode reduzir consideravelmente a resistência e insatisfação dos trabalhadores acerca do trabalho, além de ter a possibilidade de não interferir no processo de fabricação. A menor interferência observada pode ser compreendida devido ao fato de que o analista de tempos não necessita estar em campo durante toda a jornada de trabalho, fornecendo mais liberdade aos funcionários e tornando mais produtivo o seu desempenho, uma vez que será possível utilizar o tempo para outras funções como análise dos vídeos, por exemplo.

5. CONCLUSÃO

O trabalho elaborado teve como principal objetivo apresentar uma metodologia para realização do dimensionamento e balanceamento da mão-de-obra, com base no levantamento dos tempos-padrão, envolvidos nas operações componentes das atividades do processo produtivo analisado. Para aplicação da metodologia, houve a necessidade de cronometrar os tempos envolvidos nas operações analisadas do processo produtivo de uma empresa metalúrgica situada no estado de Pernambuco.

Houve consideráveis limitações para a mensuração dos tempos, visto que além do acompanhamento dos tempos interferir no andamento normal do fluxo produtivo, alguns funcionários demonstraram resistência em relação à realização e aos objetivos do estudo. Além disso, a urgência para expedição ao cliente de alguns produtos que estavam em processo de acompanhamento dos tempos, fez com que alguns estudos não pudessem ser concluídos ocasionando retrabalhos e diminuição do tamanho das amostras obtidas para representação dos tempos padrões operacionais para as famílias de produtos.

O fato de considerar um erro percentual de 5% para a amostra também pode ser considerado uma limitação para a pesquisa, visto que esse valor pode ser reduzido com o intuito de obter dados mais relevantes. Outra questão que poderia ter sido melhor tratada pela equipe envolvida no processo de mensuração dos tempos consiste na quantidade de treinamentos realizados junto ao nível de operação, que poderiam ter contribuído bastante para uma menor resistência dos operadores e até fazer com que eles se engajassem e até participassem mais das cronometragens e observação dos resultados.

Porém, mesmo com uma equipe composta, apenas, por um consultor, um supervisor de produção e um estagiário (função exercida pelo autor da pesquisa), percebe-se que foi possível obter um status atual das operações analisadas em relação aos tempos operacionais padrões envolvidos e avaliar uma quantidade inicial significativa de valores quantitativos e as conseqüentes relações entre a eficiência da mão-de-obra e a necessidade do contingente de funcionários a ser alocado em cada operação componente do processo. Contudo, percebe-se a necessidade da continuidade do trabalho para obter amostragens mais representativas que possam ser generalizadas com um nível de confiança mais elevado.

A pesquisa analisou a aplicação do projeto do trabalho em uma empresa metalúrgica situada em Pernambuco, e enumerou as diferentes maneiras para desenvolvimento do estudo do método e do estudo de tempos e movimentos, identificando as etapas envolvidas no

trabalho desde a determinação do fluxograma e método das operações até a definição dos fatores considerados para determinação dos tempos operacionais padrões. Para uma melhor compreensão, foram ainda definidas as características das diferentes famílias de produtos bem como das operações consideradas.

Foi possível passar a determinar a alocação ótima dos funcionários, com base na eficiência do contingente de funcionários e no excesso ou falta de mão-de-obra para atendimento da demanda planejada para o período posterior analisado, o que foi realizado com base na avaliação da necessidade de mão-de-obra obtida através da equação 16, exposta no capítulo 3. Dessa maneira, ao observar que determinada operação estava com uma ociosidade de mão-de-obra, os funcionários polivalentes eram alocados em outra operação provocando um aumento da eficiência geral da fábrica e o conseqüente aumento de produtividade nas operações.

Os resultados obtidos irão servir de base para outras organizações, do mesmo ramo ou não, que pretendam desenvolver estudos voltados para avaliação da eficiência de seus recursos humanos envolvidos no processo produtivo, bem como para as empresas que irão passar por uma considerável mudança em relação a turnos de trabalho ou alterações bruscas de demanda, o que certamente irá provocar a necessidade de consideráveis modificações em relação ao balanceamento e distribuição da mão-de-obra. Ou seja, em último caso os resultados serão bastante úteis para incentivar a utilização de uma importante ferramenta para ganho de vantagem competitiva e uma visão mais estratégica para as organizações.

Contudo, os processos produtivos constituem uma área propícia para aplicação da metodologia apresentada, com base na análise do tempo operacional padrão, a qual influenciará não apenas no ganho de vantagem competitiva para as empresas que a aplicam, mas também contribuirá para a redução dos custos, para ganho na eficiência do processo e para o aumento de produtividade.

O trabalho contribuiu, também, para um estudo interdisciplinar entre áreas de conhecimento da Engenharia de Produção, uma vez que englobou conceitos de Gestão da Produção, Engenharia de Métodos e Planejamento e Controle da Produção, áreas essenciais para o bom desempenho de uma organização e para atuação do Engenheiro de Produção.

Dentro desse contexto, buscando o desenvolvimento de trabalhos futuros mais completos dentro dessa temática, poder-se-ia acrescentar à pesquisa os seguintes pontos:

- Ampliar as amostragens representativas das famílias dos produtos, com o intuito de obter dados mais confiáveis e generalistas em relação à considerável variação que possa vir a existir no mix de produtos;
- Desenvolver um estudo de viabilidade econômica, que faça um paralelo entre o investimento necessário para aplicação da metodologia no processo, desde a designação de um analista de tempos ou colocação de câmeras para obtenção de registros de filmes e a redução dos custos resultante de uma diminuição no contingente de funcionários utilizado;
- Buscar uma quantificação entre os ganhos de riqueza das informações utilizadas pela área de Planejamento e Controle da Produção com a capacidade de atender aos prazos estabelecidos com os clientes e o conseqüente ganho de credibilidade no mercado;
- Analisar o projeto do trabalho para as operações componentes do fluxo produtivo, podendo propiciar melhores condições de trabalho aos funcionários a partir da visualização de pontos de melhoria para redução de fadiga, aumento da motivação do trabalhador para execução do trabalho e para o aumento do ritmo de trabalho, o que irá resultar em último caso em um ganho de produtividade para a organização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ & ANTUNES JR. Takt-time: Conceitos e Contextualização Dentro do Sistema Toyota de Produção. **Revista Gestão e Produção** v.8, n.1, p.1-18, abril 2001.

BARBOSA FILHO, Antonio Nunes. **Segurança do Trabalho & Gestão Ambiental**. 2. ed. – São Paulo: Atlas, 2008. 158p.

BARNES, R. M. **Estudo de Movimentos e de Tempos: projeto e medida do trabalho.** São Paulo: Edgard Blücher, 1977 (Tradução da 6ª edição americana).

CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. **Administração da Produção e Operações para Vantagens Competitivas**. 11a edição. Mc Graw Hill, 2006

CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G. N.; CAON, Mauro. **Planejamento, programação e controle da produção: MRP II / ERP : conceitos, uso e implantação** . 4.ed. São Paulo: Atlas, 2001. 452 p.

IIDA, Itiro. **Ergonomia:** projeto e produção. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. xvi, 614 p.

KAYDOS, W. J. **Operational performance measurement: increasing total productivity.** United States: Taylor & Francis, c1999. 245p.

LEAL, F.; ALMEIDA A. D.; PENA S. R.; SOUZA A. E.; MORAES, G. A. P. Uma ferramenta de ensino para análise de tempos nas relações de trabalho. **XXII SIMPEP.** São Paulo, novembro 2005.

LEME, R. A. da S. **Controles na produção.** 2. ed. -. São Paulo: Pioneira, 1974. 280p. ((Coleção de engenharia de produção e administração industrial).)

LOURENÇO FILHO, R. de C. B. **Controle Estatístico de Qualidade.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1977. 233p.

MONKS, J. G.. **Administração da produção.** São Paulo: McGraw-Hill, c1987. 502p.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S; HARLAND, C; HARRISON, A; JOHNSTON, R. **Administração da produção.** São Paulo: Atlas, 2007.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção.** Porto Alegre: Bookman, 1996. 291 p.

TAYLOR, F. W.; RAMOS, A. V.(Trad.). **Princípios de administração científica.** 8.ed. São Paulo: Atlas, 1990. 109 p.

ZACCARELLI, S. B. **Programação e Controle da Produção.** São Paulo: Pioneira, 1973.