



Edson Luis de Souza

**PROPOSTA E APLICAÇÃO DE UM MODELO DE
CRONOANÁLISE PARA OS SETORES DE SOLDAGEM E
MONTAGEM DE UMA EMPRESA DE AGRONEGÓCIOS**

Horizontina

2012

Edson Luis de Souza

**PROPOSTA E APLICAÇÃO DE UM MODELO DE CRONOANÁLISE
PARA OS SETORES DE SOLDAGEM E MONTAGEM DE UMA
EMPRESA DE AGRONEGÓCIOS**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, pelo Curso de Engenharia de Produção da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Édio Polacinski, Doutor.

CO-ORIENTADOR: Vilmar Bueno Silva, Especialista.

Horizontina

2012

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

“Proposta e Aplicação de um Modelo de Cronoanálise para os Setores de Soldagem e Montagem de uma Empresa de Agronegócios”

Elaborada por:

Edson Luis de Souza

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Produção

**Aprovado em: 27/11/2012
Pela Comissão Examinadora**

**Doutor. Édio Polacinski
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador**

**Especialista. Vilmar Bueno Silva
FAHOR – Faculdade Horizontina
Co-orientador**

**Mestre. Ricardo Severo
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina
2012**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a toda a minha família e amigos, que me apoiaram ao longo desta jornada.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a meus familiares e namorada, por todo o apoio e motivação.

Juntam-se a estes os agradecimentos a todos os professores, em especial ao orientador Édio Polacinski e ao co-orientador Vilmar Bueno Silva, que compartilharam seus conhecimentos e experiências, possibilitando o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também ao Rafael Ferraz, gerente de operações da empresa pesquisada, por ter me desafiado a desenvolver o assunto do presente trabalho, e apoiado durante a elaboração do mesmo.

“Não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, e não há sucesso no que não se gerencia.”

William Edwards Deming.

RESUMO

Em um mercado altamente competitivo, com clientes cada vez mais exigentes, as empresas são obrigadas a otimizar suas operações na busca de maior produtividade. Diante deste cenário, a padronização dos métodos de trabalho e a definição do tempo padrão para cada atividade da organização, são fatores imprescindíveis. Neste contexto, destaca-se que o objetivo do presente TFC é propor e aplicar um modelo de cronoanálise para os setores de soldagem e montagem de uma empresa de agronegócios. Para tanto, definiu-se como metodologia de pesquisa a pesquisa-ação, uma vez que o pesquisador oferece as diretrizes para o estudo durante todo o processo de pesquisa, na empresa pesquisada. Como principais resultados da pesquisa, destaca-se que foram definidos todos os elementos e procedimentos para o cálculo do tempo padrão das operações de soldagem e montagem da proposta de cronoanálise na empresa pesquisada, permitindo assim, um maior controle dos processos e um cálculo mais preciso do custo do produto. Além disso, identificou-se que a determinação do tempo padrão é fator importante para outras atividades como, o planejamento da produção, a definição de carga máquina e a distribuição da mão de obra. O trabalho também contribuiu para a criação de uma base de dados confiável, que serve para o direcionamento de projetos de melhoria, visando a eliminação dos desperdícios e ineficiências dos processos.

Palavras-chaves:

método – cronoanálise – tempo padrão.

ABSTRACT

The competition around the world is increasing fastly, and due of this, the companies are forced to optimize their operations in order to achieve the high productivity, reducing the production costs. Considering this scenario, the standardization of working methods and the definition of standard time for each activity of the organization, are critical success factors for the companies. Based on that, the objective of this work is to propose and implement a model for chrono-analysis in welding and assembly areas for an agribusiness company. As a method of this study, was applied an action research methodology, since the researcher offers tools and definitions for the studying during all the research application process. Besides all elements and procedures for calculating the standard time of welding and assembly operations were defined, the main results of research is emphasized the proposed of chrono-analysis in the researched company, this process allows a better control of processes and a more accurate calculation of product cost. Furthermore, the determination of standard time is an important factor for other activities such as, production planning, determination of the machine load and the labor distribution. The work also allows to creation of a reliable database, which is usefull drive the process of improvement project, whose objective is to eliminate the waste and inefficiencies of processes.

Keywords:

method – chrono-analysis – standard time.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cronômetro digital.....	25
Figura 2: Normograma ou ábaco	29
Figura 3: Sistema <i>Westinghouse</i> de avaliação do ritmo do operador.....	31
Figura 4: Delineamento da pesquisa.....	40
Figura 5: Identificação dos campos da Folha de Cronoanálise.	43
Figura 6: Identificação dos campos da Folha de Cronoanálise (verso)	45
Figura 7: Cronômetro digital com indicador de calibração.....	47
Figura 8: Sistema de avaliação do ritmo do operador	52
Figura 9: Cronoanálise de conjuntos montados	56
Figura 10: Cronoanálise de conjuntos montados - tabelas e gráficos	57
Figura 11: Comparação entre o tempo de sistema e a cronoanálise do processo	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Ilustração da divisão do tempo.....	20
Quadro 2 - <i>Therbligs</i>	22
Quadro 3 - Elementos de uma operação..	24
Quadro 4 - Etapas do processo de pesquisa-ação.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de medições por tempo de ciclo	28
Tabela 2 - Concessão de tolerância para esforço físico.....	34
Tabela 3 - Concessão de tolerância para esforço mental	35
Tabela 4 - Concessão de tolerância para monotonia	35
Tabela 5 - Concessão de tolerância para condições ambientais.....	36
Tabela 6 - Número de medições por tempo de ciclo	51
Tabela 7 - Concessão de tolerâncias para os setores de soldagem e montagem.....	55

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA	13
1.2 JUSTIFICATIVA	14
1.3 OBJETIVOS	15
1.3.1 OBJETIVO GERAL	15
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4 ESCOPO E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	16
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 ESTUDO DE TEMPOS	17
2.1.1 ADMINISTRAÇÃO CIENTÍFICA	17
2.1.2 DIVISÃO DO TRABALHO	18
2.1.3 ESTUDO DE TEMPOS	19
2.1.4 ESTUDO DOS MOVIMENTOS	20
2.1.5 ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS	21
2.2 CRONOANÁLISE	22
2.2.1 REGISTRO DAS INFORMAÇÕES DA OPERAÇÃO	23
2.2.2 DIVISÃO DA OPERAÇÃO EM ELEMENTOS	23
2.2.3 OBSERVAÇÃO E REGISTRO DO TEMPO GASTO PELO OPERADOR	25
2.2.4 NÚMEROS DE CICLOS A SEREM CRONOMETRADOS	26
2.2.5 AVALIAÇÃO DE RITMO	29
2.2.6 DETERMINAÇÃO DO TEMPO NORMALIZADO	32
2.2.7 CONCESSÃO DAS TOLERÂNCIAS	32
2.2.8 DETERMINAÇÃO DO TEMPO PADRÃO	37
3. METODOLOGIA	38
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	38
3.2 PROCESSO DE PESQUISA-AÇÃO	38
3.2.1 ETAPAS DO PROCESSO DE PESQUISA-AÇÃO	38
3.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA	40
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	42
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA PESQUISADA	42
4.2 DETERMINAÇÃO DO MODELO DE CRONOANÁLISE	42
4.2.1 REGISTRO DAS INFORMAÇÕES DA OPERAÇÃO	46
4.2.1.1 DEFINIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PARA MEDIÇÃO DO TEMPO	46
4.2.2 DEFINIÇÃO DOS ELEMENTOS BÁSICOS DE CADA OPERAÇÃO	47
4.2.2.1 ELEMENTOS DAS ATIVIDADES DE SOLDAGEM	48
4.2.2.2 ELEMENTOS DAS ATIVIDADES DE MONTAGEM	49
4.2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS	49
4.2.4 DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO	50
4.2.5 REGISTRO DOS TEMPOS DA OPERAÇÃO	50
4.2.5.1 DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE CICLOS A SEREM CRONOMETRADOS	50
4.2.6 CÁLCULOS	51
4.2.6.1 AVALIAÇÃO DO RITMO DO OPERADOR	52
4.2.6.2 TEMPO NORMALIZADO	53
4.2.6.3 CONCESSÃO DAS TOLERÂNCIAS	53
4.2.6.4 CÁLCULO DO TEMPO PADRÃO	55
4.2.7 LEGENDA	55
4.3 APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO	55
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

1. INTRODUÇÃO

Em um mercado altamente competitivo com clientes cada vez mais exigentes, as empresas são obrigadas a otimizar suas operações na busca de maior produtividade. Diante deste cenário, a padronização dos métodos de trabalho e a definição do tempo padrão de cada atividade são fatores imprescindíveis.

De acordo com Martins e Laugeni (2000), o tempo padrão é a quantidade de tempo despendida por um trabalhador qualificado para completar determinada função, trabalhando em ritmo sustentável, utilizando determinados métodos, ferramentas, equipamentos e matérias-primas, para uma configuração específica de ambiente de trabalho.

Com o tempo padrão estabelecido para cada atividade, é possível determinar a capacidade de produção de uma máquina ou da linha de montagem. Avalia-se com maior precisão, por exemplo, o espaço necessário e o número de pessoas a serem contratadas (SOUZA JÚNIOR, 2010).

De acordo com Maynard *apud* Baraldi (2006), existem duas formas de se determinar o tempo padrão, uma delas é a cronoanálise; técnica que se utiliza de cronometragens; a outra são os sistemas de tempos pré-determinados, que se baseiam em tempos previamente estabelecidos para os movimentos necessários ao desenvolvimento de uma operação.

Neste contexto, foi elaborada uma proposta e aplicação de um modelo de cronoanálise para os setores de soldagem e montagem de uma empresa de agronegócios, conceituando os meios, e definindo os principais elementos para a obtenção do tempo padrão de processos e operações, permitindo assim, o balanceamento da mão de obra e operações e, um cálculo mais preciso do custo do produto.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

A obtenção do tempo das operações fabris é um fator indispensável para a correta determinação do custo do produto que, por sua vez é fator chave para o sucesso das empresas, uma superestimação no tempo irá pesar na constituição do preço final do produto, por outro lado, se a coleta de tempos se der sem a devida técnica, pode ocorrer uma subestimação dos mesmos, levando a empresa a contratar menos mão de obra do que realmente precisa o que, conseqüentemente,

irá ocasionar atrasos na entrega de produtos, aumento do número de horas extras e elevação da fadiga do operador.

Na empresa em questão, existia dificuldade no desenvolvimento de estudos de tempos, devido à falta de uma metodologia a ser seguida e de padrões como, por exemplo, a tolerância que deve ser aplicada sobre o tempo cronometrado, a quantidade de tomadas de tempo necessárias para a obtenção de dados confiáveis, e a determinação de tempos para novos produtos.

Sendo assim, a questão norteadora deste trabalho é a seguinte:

Que elementos devem ser considerados para desenvolver e aplicar um modelo de cronoanálise para os setores de soldagem e montagem de uma empresa de agronegócios?

1.2 JUSTIFICATIVA

Cada empresa possui suas variáveis em relação ao modo de operação, e muitas vezes o que se aplica à maioria não serve para as demais, desta forma, o desenvolvimento de um modelo de cronoanálise é indispensável para definir os padrões que serão utilizados em estudos de tempos na empresa estudada.

A elaboração deste Trabalho Final de Curso (TFC) justifica-se pelo impacto que a correta determinação do tempo padrão pode causar no custo do produto, fator crítico de sucesso de toda a empresa.

Assim, em face ao exposto, justifica-se a realização da pesquisa, uma vez que permitirá oferecer parâmetros para o estudo de tempos na empresa em questão, além de poder vir a servir de base para aplicação em outras empresas, ou para estudos futuros de acadêmicos e profissionais interessados no tema.

Além disso, justifica-se a realização da pesquisa, a partir de Silva e Coimbra (1980), pelo fato do estudo de tempos caracterizar-se como um procedimento para se determinar a quantidade de tempo requerido, sob certas condições pré-determinadas, para a execução de tarefas desenvolvidas por atividade humana. Esta metodologia é valiosa para o incremento da produtividade, com foco na eliminação de desperdícios de mão de obra e material, na melhor utilização de recursos e na redução da fadiga dos trabalhadores. Através do estudo de tempos obtém-se o tempo padrão que é uma das medidas industriais mais importantes, e comumente utilizados para os seguintes propósitos:

- Estabelecer programas de produção - Os programas de produção devem permitir uma coordenação apropriada entre departamentos, operações, compras e vendas. Isto requer que estejam baseados em medidas confiáveis que mantenha relação com a produção esperada;
- Determinar padrões de custos - O tempo padrão fornece a base para custear, em operações de mão de obra direta ou indireta, o produto fabricado, o serviço executado, etc;
- Determinar a realidade das operações - Uma fábrica geralmente estabelece um preço pela sua mercadoria antes de fabricá-la. Para isso ser feito, deve-se calcular quanto tempo de mão de obra direta será gasto em cada fase do trabalho e, deve ter um meio de comparar o rendimento atual com o rendimento prognosticado;
- Dividir o trabalho de grupos ou em sequência - O trabalho eficiente de um grupo demanda uma distribuição equitativa das unidades de trabalho. É o membro do grupo com a parcela de trabalho mais extensa que determina a produção do todo, sendo por isso a distribuição ou divisão do trabalho muito importante;
- Comparar métodos - Os padrões de tempos devem ser consistentes, para proporcionar uma medida invariável, a qual sirva para comparar dois ou mais métodos para realizar o mesmo trabalho;
- Determinar as necessidades de mão de obra - Os padrões de tempo são usados para determinar a carga de trabalho de cada máquina e de cada homem.

No próximo subitem serão apresentados os objetivos do trabalho.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Propor e aplicar um modelo de cronoanálise para os setores de soldagem e montagem de uma empresa de agronegócios.

1.3.2 Objetivos específicos

Foram definidos como objetivos específicos:

- Definir a partir da revisão de literatura, a conceituação pertinente para a realização do TFC, relacionada à “Tempos e Movimentos” e “Cronoanálise”;

- Identificar os elementos fundamentais nos setores de soldagem e montagem da empresa para o desenvolvimento da proposta;
- Elaborar os documentos de cronoanálise para cada área da empresa pesquisada;
- Aplicar o modelo proposto.

1.4 ESCOPO E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho tem como foco especificamente o desenvolvimento de uma proposta de modelo de cronoanálise em uma empresa de agronegócios, onde o mesmo será aplicado para a obtenção do tempo padrão dos processos e operações de soldagem e montagem.

O desenvolvimento desta proposta será baseado em pesquisas e métodos que já foram testados ao longo da história da indústria mundial, e se mostraram eficientes, levando em consideração as particularidades da empresa em questão.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Além do presente capítulo, no qual se apresenta o problema de pesquisa, a justificativa, os objetivos e as delimitações do trabalho, este TFC está composto por mais quatro capítulos.

No capítulo 2, apresenta-se a revisão da literatura abrangente ao propósito do referido relatório, onde explana-se sobre o estudo de tempos, e os conceitos de cronoanálise.

No capítulo 3, apresenta-se o método de pesquisa utilizado no presente trabalho. Ainda, nesse capítulo, a estratégia, o delineamento da pesquisa, assim como as atividades realizadas, são dispostas detalhadamente.

No capítulo 4, apresenta-se a proposta do modelo de cronoanálise com todos os parâmetros necessários para a determinação do tempo padrão das operações de soldagem e montagem, bem como uma aplicação do referido modelo.

E no último capítulo, apresentam-se as considerações finais do trabalho evidenciando as possíveis melhorias proporcionadas com a utilização do modelo de cronoanálise.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Na revisão de literatura está dividida em duas partes principais a primeira sobre o “estudo de tempos”, e a segunda sobre a “cronoanálise”.

2.1 ESTUDO DE TEMPOS

Neste item, será apresentado uma breve revisão bibliográfica sobre o histórico de “estudo de tempos”, visto que, esta foi a base para o desenvolvimento da “cronoanálise”.

2.1.1 Administração científica

Conforme Chiavenato (2001), a abordagem típica da Administração Científica é a ênfase nas tarefas, isto é, nas atividades cotidianas do operário. O nome “Administração Científica” é devido à tentativa de aplicação dos métodos da ciência aos problemas da administração, a fim de alcançar maior eficiência industrial. Os principais métodos científicos aplicáveis aos problemas da administração são a observação e a mensuração. A escola da Administração Científica foi iniciada no começo do século XX pelo engenheiro americano Frederick W. Taylor. Taylor teve inúmeros seguidores (como Gantt, Gilbreth, Emerson, Ford, Barth) e provocou uma revolução no pensamento administrativo e no mundo industrial da época, sua preocupação básica foi eliminar o desperdício e elevar os níveis de produtividade através da aplicação de métodos e técnicas da engenharia industrial.

Taylor inovou ao fazer a análise completa do trabalho, inclusive dos tempos e movimentos, estabelecer padrões de execução, treinar operários, especializar o pessoal, instalar uma sala de planejamento, em resumo, assumir uma atitude metódica ao analisar e organizar a unidade fundamental de qualquer estrutura, adotando esse critério até o topo da organização (CHIAVENATO, 2001).

Sugai (2003), reforça o conceito argumentando que, Administração Científica é o conjunto dos primeiros esforços para elaborar uma “Ciência da Administração”, com ela a improvisação deveria ceder lugar ao planejamento e o empirismo à ciência. Neste contexto, Taylor teve um papel de destaque por ter sido pioneiro na realização de um trabalho extremamente metódico.

Taylor *apud* Sugai (2003) define quatro atribuições principais da Administração Científica:

- Primeiro – Desenvolver para cada elemento do trabalho individual uma ciência que substitua os métodos empíricos;
- Segundo – Selecionar, depois treinar, ensinar e aperfeiçoar o trabalhador. No passado ele escolhia seu próprio trabalho e treinava a si mesmo como podia;
- Terceiro – Cooperar cordialmente com os trabalhadores para articular todo o trabalho com os princípios da ciência que foi desenvolvida;
- Quarto – Manter divisão equitativa de trabalho e de responsabilidades entre a direção e o operário. A direção incumbe-se de todas as atribuições, para as quais esteja melhor aparelhada que o trabalhador, ao passo que, no passado quase todo o trabalho e a maior parte das responsabilidades pesavam sobre o operário.

No próximo subitem será apresentado o conceito de divisão do trabalho.

2.1.2 Divisão do trabalho

Segundo Chiavenato (2001), com a divisão do trabalho, cada operário passou a ser especializado na execução de uma única tarefa ou de tarefas simples e elementares, para se ajustar aos padrões descritos e às normas de desempenho estabelecidas pelo método. A limitação de cada operário à execução de uma única operação ou tarefa, de maneira contínua e repetitiva, encontrou a linha de produção (ou linha de montagem) como sua principal base de aplicação. A ideia predominante era a de que a eficiência aumenta com a especialização: quanto mais especializado for um operário, tanto maior será sua eficiência.

Slack, Chambers e Johnston (2002), citam as vantagens da divisão do trabalho:

- Proporciona aprendizado mais rápido, pois é obviamente mais fácil aprender como fazer uma tarefa relativamente pequena e simples do que uma grande e complexa;
- A automação torna-se mais fácil. A divisão de uma tarefa total em pequenas partes faz surgir a possibilidade de automatização de algumas dessas tarefas simples;
- Trabalho não produtivo reduzido. Esse é provavelmente o mais importante benefício da divisão do trabalho. Em tarefas grandes e complexas, a proporção de tempo despendido em pegar e largar ferramentas e materiais e, de forma geral, encontrar, posicionar e procurar coisas pode ser, de fato, muito alta. Com a divisão

do trabalho, equipamentos especializados e dispositivos de manuseio de materiais podem ser desenvolvidos para ajudar as pessoas a desempenhar seu trabalho mais eficientemente, reduzindo assim o trabalho não produtivo.

2.1.3 Estudo de tempos

De acordo com Silva e Coimbra (1980), o estudo de tempo é um procedimento para a determinação da quantidade de tempo necessário para que uma pessoa qualificada e treinada execute uma tarefa específica trabalhando sob certas condições de medidas. Deve ser feito com competência e justiça, fixa as cargas de trabalho que não demandam esforços excessivos dos operadores, mas que, por outro lado, é justo que sejam exigidas do trabalhador no cumprimento de sua jornada de trabalho.

Conforme Barnes (1977), o estudo de tempos teve seu início em 1881, na usina da *Midvale Steel Company*, e Frederick Taylor foi seu introdutor. A entrada de Taylor na *Midvale Steel Company* fez com que ele chegasse à conclusão de que o sistema operacional da fábrica deixava muito a desejar. Logo após tornar-se o mestre geral, decidiu tentar mudar o estilo da administração, pois, segundo ele o maior obstáculo para a cooperação harmoniosa entre os trabalhadores e a empresa era a incapacidade que a administração tinha em estabelecer uma carga de trabalho apropriada e justa para a mão de obra, Taylor então se empenhou num estudo científico para a determinação do tempo necessário ao desempenho de vários tipos de trabalho.

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2002), a técnica de Taylor constitui-se de três etapas para obter o tempo básico para os elementos do trabalho:

- Observar e medir o tempo necessário para realizar cada elemento do trabalho;
- Ajustar ou “normalizar” cada elemento observado;
- Calcular a média dos tempos ajustados para obter o tempo básico para o elemento.

De acordo com Barnes *apud* Maresca (2007), o estudo do tempo era dividido em duas categorias distintas: uma fase analítica e uma fase construtiva, conforme mostrado no Quadro 1.

<p>FASE ANALÍTICA:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Dividir o trabalho de um homem executando qualquer operação em movimento elementar; - Selecionar todos os movimentos desnecessários e eliminá-los; - Observar como vários operadores habilidosos executam cada movimento elementar e, com o auxílio de um cronômetro, escolher o melhor e mais rápido método; - Descrever, registrar e codificar cada elemento com seu respectivo tempo, de forma que possa ser facilmente identificado; - Estudar e registrar a porcentagem que deve ser adicionada ao tempo selecionado de um bom operário para cobrir esperas inevitáveis, interrupções, pequenos acidentes; - Estudar e registrar a porcentagem que deve ser adicionada ao tempo para cobrir a inexperiência dos funcionários nas primeiras vezes que ele executa a operação; - Estudar e registrar a porcentagem de tempo, que deve ser tolerada para descanso e intervalos em que deve ser efetuado, a fim de eliminar a fadiga física.
<p>FASE CONSTRUTIVA:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Combinar em vários grupos os movimentos elementares, que são usados frequentemente na mesma sequência, em operações semelhantes, registrá-los e arquivá-los de tal forma que eles possam ser facilmente encontrados; - Destes registros é fácil selecionar a sequência adequada de movimentos que devem ser usados por um operário produzindo um determinado produto, somando os tempos relativos a esses movimentos e adicionando as tolerâncias correspondentes, obtendo-se então o tempo padrão para a tarefa em estudo; - A análise de uma operação quase sempre revela imperfeições nas condições que cercam a mesma, tais como: o uso de ferramentas inadequadas; o emprego de máquinas obsoletas; existência de más medições de trabalho. E o reconhecimento adquirido através de análise, permite a padronização das ferramentas, condições de trabalho e desenvolvimento de melhores máquinas e métodos

Quadro 1- Ilustração da divisão do tempo. Fonte: Maresca, 2007.

2.1.4 Estudo dos movimentos

De acordo com Barnes (1977), Frank e Lilian Gilbreth são conhecidos como pais do estudo do movimento, o casal acompanhou Taylor no seu interesse pelo esforço humano como meio de aumentar a produtividade. Aplicaram inicialmente os métodos de Taylor passando a desenvolver as próprias técnicas no estudo do trabalho.

Barnes *apud* Sugai (2003) lista as inúmeras atividades realizadas por eles como: invenções e melhorias de valor na construção civil; estudos sobre a fadiga;

monotonia; transferência de habilidades entre operários; trabalhos para os desabilitados; desenvolvimento de técnicas como o gráfico de fluxo de processo e o estudo de micromovimentos.

O estudo de movimento é definido por Barnes (1977), como um procedimento para a análise científica de métodos de trabalho que considera a matéria-prima, o projeto da peça, processo ou ordem de serviço, as ferramentas e equipamentos, local de trabalho e os movimentos das mãos e do corpo, com o objetivo de determinar um método preferível de atividade.

De acordo com Sugai (2003), o objetivo do estudo dos movimentos é a determinação do método mais adequado para a execução de um trabalho, mediante a análise dos movimentos feitos pelo operador durante a operação. Procura-se eliminar os movimentos ou ações que elevam desnecessariamente o tempo da atividade do operador ou aqueles que poderiam provocar-lhe problemas ergonômicos.

2.1.5 Estudo de tempos e movimentos

De acordo com Barnes (1977), o estudo de tempos introduzido por Taylor, foi usado principalmente na determinação do tempo padrão, e o estudo de movimentos desenvolvido pelos Gilbreth foi empregado na melhoria de métodos de trabalho. Porém, estes estudos não foram usados juntos de imediato. A partir de 1930 os termos “estudos de tempos e de movimentos” começaram a ser usados conjuntamente, ambos se complementando, objetivando a melhoria dos métodos de trabalho existentes. Com o passar dos anos, novos conceitos e ideias foram sendo incorporadas, de forma a não mais querer melhorar um método existente, mas determinar o método ideal ou o mais próximo do ideal para ser usado. O estudo de tempos e movimentos pode ser definido como um estudo sistemático dos métodos de trabalho, com os objetivos de desenvolver o método preferido e padronizá-lo, determinando o tempo padrão e treinando os operadores.

Nesta fase, Taylor realizou estudos a respeito da padronização de ferramentas e equipamentos, sequenciamentos e programação de operações e estudo de movimentos, buscando a consolidação do método, resultando na caracterização dos princípios baseados na preocupação científica dos fatos apresentados, cujos estes são: atribuir a cada operário a tarefa mais elevada que permitissem as aptidões; solicitar a cada operário o máximo de produção que

pudesse esperar de um trabalhador hábil de sua categoria; cada operário, produzindo a maior soma de trabalho, tivesse uma remuneração adequada. (MARESCA, 2007).

Gilbreth *apud* Maresca (2007) acompanhou o estudo dos tempos e movimentos e a racionalização do trabalho como meios de aumento de produtividade. Dentro dos estudos feitos por ele, destacam-se os movimentos elementares, a fórmula de eficiência e o estudo da fadiga humana, onde tais movimentos poderiam ser subdivididos em 17 elementos, cujo foco, é todos os trabalhos manuais que englobariam o que fosse necessário para a execução de qualquer tarefa, denominando-se esta subdivisão de *therbligs*. Mais tarde um aluno de Gilbreth adicionou mais um elemento aos demais: “Segurar”.

O Quadro 2 apresenta estes movimentos elementares.

1. Alcançar;	10. Encontrar;
2. Pegar;	11. Escolher;
3. Mover;	12. Pré-colocar em posição (preparar);
4. Colocar em posição;	13. Pensar;
5. Juntar (posicionar);	14. Examinar;
6. Desmontar (separar);	15. Atraso inevitável;
7. Usar;	16. Atraso evitável;
8. Soltar;	17. Tempo de descanso;
9. Procurar;	18. Segurar.

Quadro 2 - *Therbligs*. Fonte: Adaptado de Apostila treinamento MTM Básico *apud* Sugai, 2003.

Conforme Chiavenato (2001), os movimentos elementares (*therbligs*) permitem decompor e analisar qualquer tarefa. Por exemplo, a tarefa de colocar parafusos representa sete movimentos elementares: pegar o parafuso, transportá-lo até a peça, posicioná-lo, pegar e transportar a chave de fenda até o parafuso, utilizá-la e posicioná-la na situação anterior.

2.2 CRONOANÁLISE

Neste subitem será descrito uma das formas de determinação do tempo padrão: a cronoanálise.

A cronoanálise é definida por Swann *apud* Almeida (2009) como uma técnica de medição dos tempos e taxas para um trabalho específico realizado sob certas condições, com o objetivo de obter o tempo necessário para realizar o trabalho em um nível de especificação definido.

Barnes (1977) define sete passos para a realização da Cronoanálise:

- Obter e registrar as informações sobre a operação e o operador em estudo;
- Dividir a operação em elementos;
- Observar e registrar o tempo gasto pelo operador;
- Determinar o número de ciclos a serem cronometrados;
- Avaliar o ritmo do operador;
- Determinar as tolerâncias;
- Determinar o tempo padrão para a operação.

A partir dos próximos subitens será apresentado o detalhamento destes passos.

2.2.1 Registro das informações da operação

Silva e Coimbra (1980) afirmam que o cronometrista deve fazer um resumo da operação, a fim de familiarizar-se com a mesma, é necessário verificar as operações anteriores e posteriores, para estabelecer os pontos de início e fim da operação que será cronometrada.

Costa Júnior (2008) complementa que esta etapa consiste em compreender o funcionamento do processo, para isso, é necessário que um esquema de operação seja criado, a fim de que os operadores possam se basear em uma sequência de produção, de maneira que seja possível executar uma atividade de cronometragem.

2.2.2 Divisão da operação em elementos

De acordo com Silva e Coimbra (1980), elemento é uma subdivisão de um ciclo de trabalho ou uma operação, com um início e fim bem definidos, de forma a permitir que seja descrito e medido com precisão.

A divisão da operação em elementos consiste em separar conjuntos de movimentos em pequenos subgrupos, com a finalidade de realizar a cronoanálise, tendo os tempos divididos por atividades e não um valor único de tempo. Este procedimento configura-se como uma etapa importante, pois permite determinar o tempo gasto para cada elemento além de identificar movimentos inúteis e outras anomalias organizacionais existentes (COSTA JÚNIOR, 2008, p. 75).

Barnes (1977), afirma que a cronometragem de uma operação inteira como um único elemento raramente é satisfatória. A divisão da operação em elementos curtos, e a cronometragem individual de cada um deles são partes essenciais da cronoanálise pelas seguintes razões:

- Uma das melhores maneiras para se descrever uma operação é subdividi-la em um número definido de elementos mensuráveis e descrever cada um deles separadamente. Geralmente são especificados primeiramente aqueles elementos da operação que ocorrem regularmente e, após eles, seguem-se todos os outros elementos que são parte integrante da tarefa em estudo. Algumas vezes é desejável preparar uma descrição detalhada dos elementos de uma operação em uma folha separada, anexando à folha de observações. Podem-se determinar tempos padrão para os elementos da operação, ou seja, esses tempos elementares tornam possível a determinação sintética do tempo padrão total para uma operação;

- Um estudo de tempos pode demonstrar que se está tomando tempo excessivo na execução de certos elementos da operação, ou que, ao contrário, despende-se pouco tempo em outros elementos. Esta última condição algumas vezes ocorre em elementos de inspeção;

- O ritmo de trabalho de um operador pode variar durante o ciclo. O estudo de tempos permite que se avaliem os ritmos para cada um dos elementos da operação.

No Quadro 3, Costa Junior (2008) ilustra um exemplo da divisão da operação em elementos.

Número	Elementos
1	Pegar o componente A e posicioná-lo na bancada de montagem.
2	Pegar dois parafusos e fixá-los no componente A.
3	Deslocar-se até o <i>rack</i> de componentes, pegar um componente B e posicioná-lo no dispositivo.
4	Pegar um componente C e fixá-lo sobre o componente B.
5	Pegar os componentes montados e rebitá-los sobre o componente A.
6	Pegar o produto montado e posicioná-lo na embalagem.

Quadro 3 - Elementos de uma operação. Fonte: Costa Júnior, 2008.

Desta forma é possível identificar, detalhadamente o tempo para cada elemento e assim, verificar qual está exercendo maior impacto na operação.

2.2.3 Observação e registro do tempo gasto pelo operador

Conforme Silva e Coimbra (1980), uma vez que foram dados os passos preliminares para o estabelecimento do melhor método e o registro dos elementos, o tempo real utilizado pelo operador deve ser medido, o cronometrista deve ficar em tal posição que, com um simples movimento dos olhos possa observar o operador executar os movimentos, o equipamento, a leitura do cronômetro e a folha de cronometragem.

Os mesmos autores afirmam que elementos como “trocar ou mudar ferramentas”, “eliminar cavacos”, “retirar peças acabadas” e “substituir caixa de alimentação vazia” são partes integrantes e específicas da operação, e devem ser cronometradas como tal.

O equipamento utilizado para o registro do tempo é o cronômetro conforme a Figura 1.



Figura 1. Cronômetro digital. Fonte: A empresa pesquisada

Barnes (1977) cita dois métodos para a leitura do cronômetro, são eles leitura contínua e leitura repetitiva:

- Na leitura contínua, o observador começa a cronometragem no início do primeiro elemento e mantém o cronometro em movimento durante o período de estudo. O observador verifica a leitura do cronômetro ao fim de cada elemento e registra essa leitura na folha de observações;

- Na leitura repetitiva, no início do primeiro elemento, o observador retorna o indicador ao zero pressionando o botão do cronômetro, ao fim do primeiro elemento, o analista lê registra a leitura e retorna o indicador ao zero novamente.

De acordo com Silva e Coimbra (1980), um bom cronometrista pode se necessário, registrar o tempo em uma folha de papel em branco, entretanto, a maioria das empresas utiliza a chamada folha de observações, ou folha de cronoanálise, a qual deve permitir o registro do código da peça e a denominação, denominação da operação, departamento e operador, data e horário do estudo e o nome do observador. O impresso deve possuir também um espaço para a descrição dos elementos, dos tempos medidos, do ritmo avaliado, e para os cálculos do tempo normalizado.

Segundo Barnes (1977), todas as informações que devem ser incluídas no cabeçalho da folha de observações têm de ser cuidadosamente registradas, pois a menos que isto seja feito, o estudo não terá valor algum como registro ou fonte de informação para futuras consultas, porque o analista certamente terá esquecido as circunstâncias que cercavam a operação.

O mesmo autor afirma que um esquema da peça e do local de trabalho deve ser desenhado no verso da folha de observações, mostrando a posição do operador e a localização das ferramentas, dispositivos e materiais.

2.2.4 Números de ciclos a serem cronometrados

De acordo com Silva e Coimbra (1980), o número de ciclos a serem cronometrados depende do grau de precisão desejado no estudo, se as operações cronometradas não possuírem nenhum caráter repetitivo, os valores de tempos unitários medidos representarão uma garantia representativa. Caso a operação seja repetitiva, com grandes séries e de curta duração, uma maior precisão será requerida.

Barnes (1977) reforça este conceito ao afirmar que o estudo de tempos é um processo de amostragem, conseqüentemente, quanto maior o número de ciclos cronometrados, mais representativos serão os resultados obtidos.

Existem diferentes métodos para a determinação do número de ciclos a serem cronometrados, um deles, citado por Silva e Coimbra (1980) é chamado de método estatístico e, como o nome sugere é baseado em fórmulas estatísticas, onde

primeiramente deve-se decidir o nível de confiança e o erro relativo desejado para o estudo.

Em estudos de tempos são geralmente usados o nível de confiança de 95% e um erro relativo de $\pm 5\%$. Isto significa que, com 95% de probabilidade, a média dos valores observados para o elemento não diferirá por mais de $\pm 5\%$ do valor verdadeiro para a duração do elemento (SILVA; COIMBRA, 1980, p. 110).

Assim, Silva e Coimbra (1980), apresentam a seguinte fórmula:

$$N' = \left[\frac{40\sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2$$

Onde “N” é o número de ciclos a serem cronometrados para um erro relativo de $\pm 5\%$ e 95% de confiança, “N” é o número e observações já realizadas do elemento e “x” é a leitura do cronômetro ou observação individual. Se “N” for menor que “N”, a amostra é suficiente, entretanto, se “N” for maior que “N”, é necessário a realização de mais tomadas de tempo (SILVA; COIMBRA, 1980).

Costa Júnior (2008), apresenta outro método que é denominado de método de tabela, pelo qual pode ser determinado o número de medições a serem realizadas, baseados na duração do tempo do ciclo do trabalho, como pode-se observar na Tabela 1.

Tabela 1
Número de medições por tempo de ciclo

Número de medições	Tempo de Ciclo (min)
3	> 40
5	40
8	20
10	10
15	5
20	2
30	1
40	0,75
60	0,5
100	0,25
200	0,10

Fonte: Costa júnior, 2008.

Silva e Coimbra (1980) apresentam ainda outro método, que se utiliza de um Normograma ou Ábaco para a determinação do número de ciclos. Segundo os autores, o uso deste artifício facilita a rápida determinação de ciclos a serem cronometrados.

O cronometrista deve executar um determinado número de observações, conforme julgue necessário. Após as tomadas de tempo deve ser calculada a soma do maior tempo com o menor tempo cronometrado ($T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}$), após calcular a diferença entre os dois ($T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}}$) em seguida com os valores calculados determinar o número total de tomadas de tempo (SILVA; COIMBRA, 1980, p. 121-122).

Na Figura 2 pode-se visualizar um exemplo de aplicação do Ábaco.

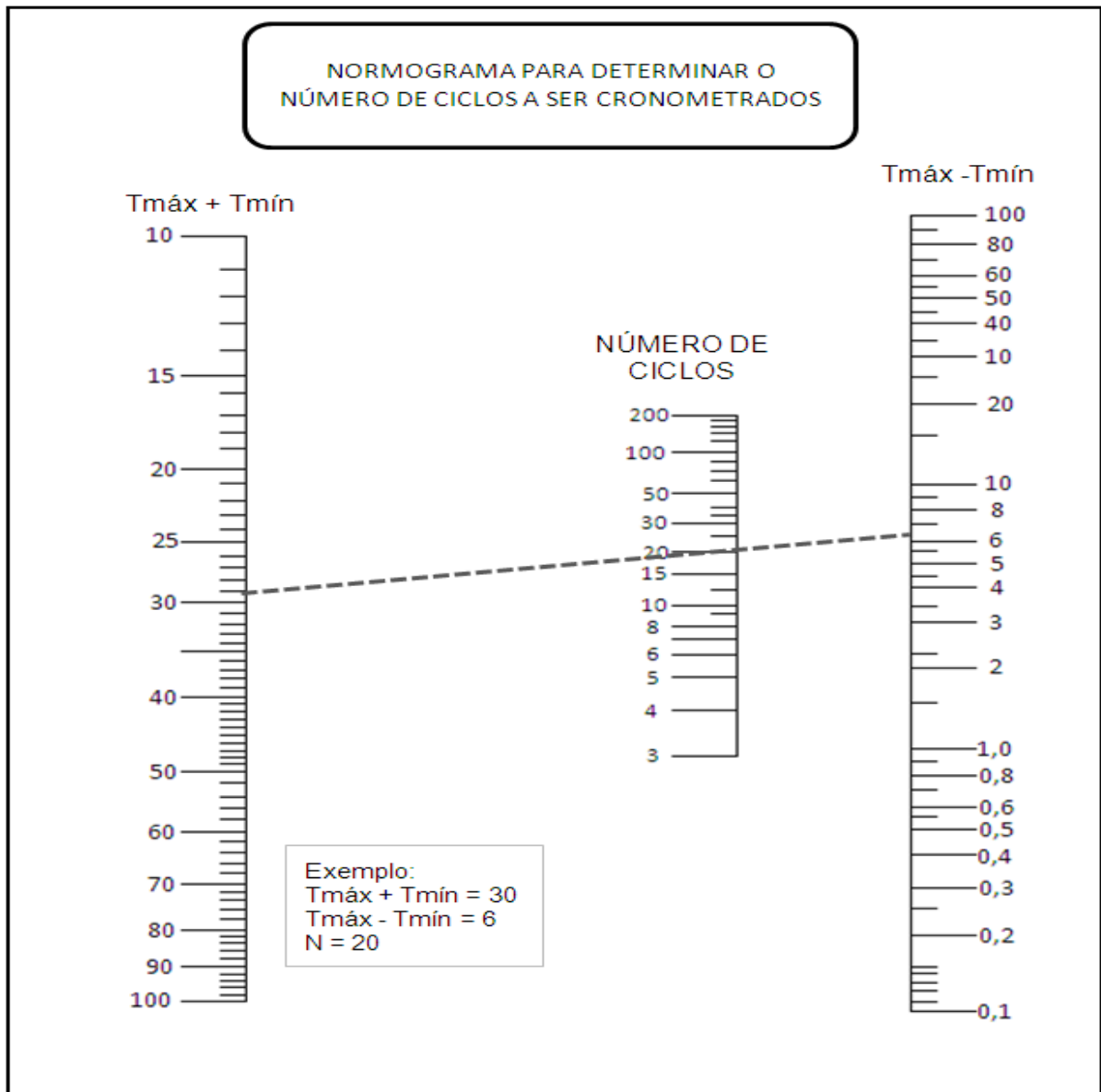


Figura 2: Normograma ou ábaco. Fonte: Adaptado de Silva e Coimbra, 1980

No caso da Figura 2 observa-se:

- $T_{máx} + T_{mín} = 30$ min;
- $T_{máx} - T_{mín} = 6$ min.

Para estes valores, o número de ciclos a serem cronometrados é $N = 20$, pois, a linha tracejada toca a escala central exatamente neste valor.

2.2.5 Avaliação de ritmo

De acordo com Silva e Coimbra (1980), a avaliação do ritmo ou velocidade do operador talvez seja a parte mais importante e difícil da cronoanálise, pois é

determinada subjetivamente pelo cronoanalista. Para a velocidade de operação normal do operador é atribuída uma taxa de velocidade, ou ritmo, de 100%. Velocidades acima do normal apresentam valores superiores a 100% e velocidades abaixo do normal apresentam valores inferiores a 100%.

Avaliação de ritmo é o processo durante o qual o analista de estudo de tempos compara o ritmo do operador em observação ao seu próprio conceito de ritmo normal. Posteriormente, este fator de ritmo será aplicado ao tempo selecionado a fim de obter-se o tempo normal para esta tarefa (BARNES, 1977, p. 298).

Existem diversos sistemas que auxiliam na avaliação do ritmo do operador, como pode-se observar na obra de Barnes (1977):

- Avaliação do ritmo através da habilidade e esforço - Por volta de 1916, Charles Bedaux introduziu o sistema Bedaux de incentivo salarial e controle do trabalho nos Estados Unidos. Seu plano baseava-se em estudos de tempos, e seus padrões eram expressos em pontos ou "B". Seu procedimento incluía a avaliação da habilidade e esforço do operador e o uso de uma tabela padrão de tolerâncias para fadiga. Para Bedaux 60 pontos correspondiam à execução padrão, ou seja, um operador trabalhando em ritmo normal deveria produzir 60B por hora;

- Sistema *Westinghouse* para avaliação de ritmo - Trata-se de um sistema desenvolvido na *Westinghouse*; empresa americana fabricante de equipamentos elétricos; publicado em 1927, que considera dois fatores: habilidade e esforço, conforme pode-se observar na Figura 3.

AVALIAÇÃO DO RÍTMO DO OPERADOR	
HABILIDADE	ESFORÇO
FRACA	FRACO
Não adaptado ao trabalho. Comete erros e tem movimentos inseguros.	Falta de interesse e métodos inadequados.
REGULAR	REGULAR
Comete menos erros e seus movimentos são quase inseguros.	Idem ao anterior porém com menos intensidade.
NORMAL	NORMAL
Exatidão satisfatória e ritmo razoavelmente constante.	Trabalho constante e esforço satisfatório.
BOA	BOM
Tem confiança, ritmo constante e raras exaltações.	Trabalho constante e confiança, com pouco ou nenhum tempo perdido.
EXCELENTE	EXCELENTE
Precisão nos movimentos, sem hesitações e erros.	Trabalho com rapidez e movimentos precisos.
SUPERIOR	SUPERIOR
Movimentos iguais, comparáveis a uma máquina.	Ritmo impossível de ser mantido um dia inteiro.

Valores		Habilidade											
		S		E		B		N		R		F	
		A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E1	E2	F1	F2	
Esforço	S	A1	128	126	124	121	119	116	113	108	103	97	91
		A2	127	125	123	120	118	115	112	107	102	96	90
	E	B1	125	123	121	118	116	113	110	105	100	94	88
		B2	123	121	119	116	114	111	108	103	98	92	86
	B	C1	120	118	116	113	111	108	105	100	95	89	83
		C2	117	115	113	110	108	105	102	97	92	86	80
	N	D	115	113	111	108	106	103	100	95	90	84	78
		R	E1	111	109	107	104	102	99	96	91	86	80
	E2		107	105	103	100	98	95	92	87	82	76	70
	F	F1	103	101	99	96	94	91	88	83	78	72	66
		F2	98	96	94	91	89	86	83	78	73	67	61

Figura 3: Sistema *Westinghouse* de avaliação do ritmo do operador. Fonte: Adaptado de Barnes (1977)

Como pode-se observar na Figura 3, o analista classifica estes dois fatores de “Fraco” à “Superior” e após verifica na matriz o valor que deve ser aplicado;

- Avaliação sintética do ritmo - É o método de se avaliar a velocidade do operador comparando-a com valores retirados de tabelas de tempos sintéticos. O procedimento consiste em se fazer um estudo de tempos de forma usual, e depois, comparar os valores obtidos para o maior número possível de elementos com valores sintéticos para os valores correspondentes. Pode-se estabelecer uma relação entre o tempo sintético entre o elemento e o tempo cronometrado correspondente. Para este elemento, esta relação será o índice de execução ou fator de ritmo para o operador. A fórmula para calcular o fator de ritmo é $R=P/A$, onde “R” representa o fator de ritmo, “P” é o tempo sintético padrão para o elemento, expresso em minutos, e “A” é o tempo médio selecionado;

- Avaliação objetiva do ritmo - Este método foi desenvolvido por Marvin Mundel, onde inicialmente, avalia-se a velocidade do operador em relação a uma velocidade padrão única, independente da dificuldade da tarefa. Após esta primeira avaliação, adiciona-se uma tolerância ou ajustamento secundário para compensar a dificuldade da tarefa. A dificuldade operacional é dividida em seis classes, e o método fornece uma tabela de porcentagens para cada um desses seis fatores. Os seis fatores são: (1) quantidade do corpo usada; (2) pedais; (3) trabalho bi manual;

(4) coordenação olhos-mãos; (5) necessidades de manuseio; e (6) peso. O exemplo seguinte ilustra a determinação de tempo normal para um elemento com o uso deste sistema. Exemplo: Se o tempo selecionado para um elemento é 0,26 minutos, a avaliação da velocidade é 95% e a soma de todos os ajustamentos secundários é 20% então o tempo normal será de 0,297 minutos ($0,26 \times 0,95 \times 1,20 = 0,297$);

- Desempenho de ritmo - Este sistema é baseado na avaliação de um único fator: a velocidade do operador; o ritmo ou o tempo. A extensão do método e habilidade presentes é revelada pelos elementos reais que aparecem no estudo. O procedimento de avaliação neste sistema consiste no julgamento do ritmo ou da velocidade dos movimentos do operador, em relação a um ritmo normal, avaliado como um fator. Este fator pode ser expresso em porcentagem, em pontos por hora ou em outras unidades.

2.2.6 Determinação do tempo normalizado

De acordo com Silva e Coimbra (1980), após terem sido obtidos os dados de um estudo de tempos, ou seja, o registro das informações necessárias, a divisão da operação em elementos, a avaliação do ritmo do operador, o registro das leituras, a determinação do número de ciclos cronometrados e sua complementação, procede-se a determinação do Tempo Normal (TN) dos elementos, que é a Média (\bar{X}) dos tempos cronometrados multiplicado pelo Fator de Ritmo (FR) em percentual. Desta forma apresenta-se a seguinte fórmula:

$$TN = \bar{X} \times FR$$

A partir do próximo subitem será explanado sobre a concessão de tolerâncias.

2.2.7 Concessão das tolerâncias

De acordo com Silva e Coimbra (1980), o tempo normal não contém tolerância alguma, é simplesmente o tempo necessário para que um operador qualificado execute uma operação, trabalhando em ritmo normal. Entretanto uma pessoa não consegue trabalhar o dia todo sem interrupção. O operador pode

despender seu tempo em necessidades pessoais (ir ao banheiro, beber água, etc), descansando, e por motivos fora de seu controle.

Barnes (1977) afirma que o tempo padrão, além da duração de todos os elementos, deve conter o tempo para todas as tolerâncias. O tempo padrão é igual ao tempo normal mais as tolerâncias. Tolerância não é uma parte do fator de ritmo e, resultados mais satisfatórios serão obtidos se ela for aplicada separadamente.

O autor anteriormente citado classifica as tolerâncias como tolerância de espera, tolerância pessoal e tolerância para a fadiga, da seguinte forma:

- Tolerância de espera - As esperas podem ser evitáveis ou inevitáveis. As esperas evitáveis não devem ser consideradas para a determinação do tempo padrão, mas as inevitáveis como, pequenos ajustes, tempo perdido devido a variações ocasionais no material e interrupções previstas devem ser consideradas. O tipo e a frequência da ocorrência de esperas, para uma dada classe de trabalho, podem ser determinadas através de estudos contínuos, ou de amostragens do trabalho feitas durante período de tempo suficientemente extenso, para fornecer dados com confiança;

- Tolerância pessoal - Todo o trabalhador deve ter tempo reservado para suas necessidades pessoais, e por esta razão, as tolerâncias pessoais serão consideradas em primeiro lugar. A duração desta tolerância pode ser determinada através de um levantamento contínuo ou então por amostragem do trabalho. Para um trabalho leve, onde o operador trabalha 8 horas por dia sem períodos de descanso pré-estabelecidos, o trabalhador médio usará para tempo pessoal de 2 a 5% (10 a 24 min) por dia;

- Tolerância para a Fadiga - O trabalhador durante o dia de trabalho está submetido a um esforço que consome energia, o que conseqüentemente provoca uma perda na capacidade produtiva.

De acordo com Silva e Coimbra (1980), vários fatores afetam a fadiga resultante de um trabalho que uma pessoa executa em um dia, são eles: esforço físico; esforço mental; monotonia; e condições ambientais. A seguir, apresenta-se o detalhamento dos mesmos:

- Esforço físico - Consiste no desgaste fisiológico causado por uma atividade muscular, na qual uma série de músculos do corpo humano está em uso. Para a determinação desta tolerância utiliza-se a Tabela 2.

Tabela 2
Concessão de tolerância para esforço físico

ESFORÇO FÍSICO			
Classificação	Representação	Descrição	Tolerância concedida (%)
Muito Leve	ML	Trabalho sentado, serviço manual, operar pesos reduzidos, movimentos de braços e de mãos.	1,8
Leve	L	Trabalho sentado, serviço manual, pequena movimentação do corpo, pequeno esforço com membros superiores ou inferiores.	3,6
Médio	M	Trabalho em pé, pequena movimentação, operar pesos médios.	5,4
Pesado	P	Trabalho em pé, pode haver movimentação em torno do local, carregar, puxar ou sustentar pesos.	7,2
Muito Pesado	MP	Operar de modo praticamente contínuo pesos grandes, movimentar-se por longas distâncias transportando pesos (até 20 kg).	9

Fonte: Adaptado de Silva e Coimbra, 1980.

Para a determinação das tolerâncias para o fator esforço físico, utiliza-se a Tabela 2.

- Esforço mental - É o desgaste fisiológico devido a uma atividade mental, na qual, o trabalho que o trabalhador executa requer atenção concentrada.

Tabela 3
Concessão de tolerância para esforço mental

ESFORÇO MENTAL			
Classificação	Representação	Descrição	Tolerância concedida (%)
Leve	L	Serviço repetitivo e invariável, pequena responsabilidade de segurança e qualidade, trabalho que não requer decisões.	0,6
Médio	M	Responsabilidade de segurança e qualidade, requer pequenas decisões e/ou o uso de instrumentos.	1,8
Pesado	P	Grande responsabilidade em segurança e qualidade, responsabilidade pelo trabalho de outros, grande necessidade de decisões.	3

Fonte: Adaptado de Silva e Coimbra, 1980.

Para a determinação das tolerâncias com relação ao esforço mental, utiliza-se a Tabela 3.

▪ Monotonia - É o desgaste fisiológico devido ao uso constante do mesmo feixe muscular, com movimentos similares, em operações altamente repetitivas.

Tabela 4
Concessão de tolerância para monotonia

MONOTONIA		
Duração do Ciclo		Tolerância Concedida (%)
De (minutos)	Até (minutos)	
0	0,05	7,8
0,06	0,25	5,4
0,26	0,5	3,6
0,51	1	2,1
1,01	2	1,0
2,01	3	0,5
3,01	4	0,2

Fonte: Adaptado de Silva e Coimbra, 1980.

Para a determinação das tolerâncias com relação ao esforço físico, utiliza-se a Tabela 4.

▪ Condições Ambientais - Estas condições conduzem ao desgaste fisiológico devido ao desconforto provocado sobre o trabalhador por agentes externos no local de trabalho, aumentando sua fadiga geral (temperatura, ruído, umidade, etc). A Tabela 5 apresenta os valores que devem ser adicionados para estas condições.

Tabela 5
Concessão de tolerância para condições ambientais

CONDIÇÕES AMBIENTAIS									
TÉRMICAS				ATMOSFÉRICAS			OUTRAS INFLUÊNCIAS DO MEIO		
Tipo	Temperatura		%	Tipo	Descrição	%	Tipo	Descrição	%
	De	à							
Gelada	0° C	7° C	3,6	Boas	- Local bem ventilado ou ar fresco.	0	Ruído	Nível Baixo.	0
Baixa	8° C	15° C	1,8					Excessivo, obrigando o uso de protetor auricular.	1,8
Normal	16° C	26° C	0	Razoáveis	- Local mal ventilado; - Presença de mau cheiro ou fumaça não tóxica.	2,4	Umidade	Ambiente seco e agradável.	0
Alta	27° C	34° C	1,8	Más	- Alta concentração de pó; - Presença de fumaça ou pó tóxicos; - Uso obrigatório de máscara facial.	5,6		Excessiva	Até 26°
Excessiva	35° C	40° C	3,6				Vibração		Vibração do solo ou máquina.

Fonte: Adaptado de Silva e Coimbra, 1980.

No próximo subitem será apresentado o conceito de tempo padrão.

2.2.8 Determinação do tempo padrão

De acordo com Silva e Coimbra (1980), o tempo padrão de uma operação é a quantidade de tempo necessária para executar uma atividade, em condições determinadas, de acordo com um processo e método pré-estabelecidos, por um operador treinado e qualificado, possuindo habilidade média, trabalhando com um esforço médio durante todas as horas de sua jornada de trabalho. Para determinar-se o tempo padrão basta adicionar as tolerâncias definidas para a operação ao tempo normalizado.

Barnes (1977) apresenta as seguintes fórmulas para a determinação do tempo padrão.

$$TP = TN \times \left[\frac{tol(\%)}{100} + 1 \right]$$

Dessa forma, se o analista obtiver uma média de tempo cronometrados de 15 minutos para uma determinada operação, e avaliar o ritmo do operador como 80% (está trabalhando abaixo do , tem-se um tempo normalizado de 12 minutos (TN= 15 x 80%), e considerando a concessão de tolerâncias em 20% tem-se um tempo padrão de 14,4 minutos (BARNES, 1977).

$$TP = (15 \times 80\%) \times \left[\frac{20\%}{100} + 1 \right]$$

$$TP = (12) \times [1,2]$$

$$TP = 14,4 \text{ minutos}$$

Portanto este é o tempo necessário para a realização da operação por um operador qualificado e treinado, trabalhando de acordo com um método e processo pré-estabelecido, mantendo um ritmo normal durante toda sua jornada de trabalho (BARNES, 1977).

3. METODOLOGIA

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

O método de pesquisa utilizado neste TFC é o da pesquisa-ação que se caracteriza pelo total envolvimento do pesquisador, buscando aplicar e validar os métodos e técnicas, a partir dos interesses de pesquisa.

Segundo Thiollent *apud* Tauchen (2007), um dos principais objetivos da pesquisa-ação é proporcionar aos pesquisadores e grupos de participantes os meios de se tornarem capazes de solucionar os problemas da situação em que vivem, com maior eficiência em particular sob a forma de diretrizes de ação transformadora.

3.2 PROCESSO DE PESQUISA-AÇÃO

Conforme Thiollent (2005), o processo de pesquisa-ação não existe de forma padronizada, uma vez que os procedimentos e a ordenação das etapas podem variar, dependendo da situação social ou quadro organizacional em que se aplica. Além disso, há diversidades nos graus de implicação dos atores, que são qualquer grupo de pessoas que dispõe de certa capacidade de ação coletiva, consciente em um contexto social delimitado. Os atores não são pessoas consideradas individualmente, são grupos relativamente homogêneos que dispõe de capacidade de expressão e de ação (nos planos formal e informal) dentro de uma organização.

3.2.1 Etapas do processo de pesquisa-ação

De acordo com Thiollent (1997), embora o projeto de pesquisa-ação não tenha forma totalmente pré-definida, considera-se existir, no mínimo, quatro grandes fases (exploratória, pesquisa aprofundada, ação e avaliação).

Diante disso, para a pesquisa definiu-se as etapas do processo de pesquisa-ação, utilizadas para atenderem aos objetivos do estudo, conforme o Quadro 4.

Fases da pesquisa-ação	Pressupostos da pesquisa-ação (THIOLLENT, 1997)	Procedimentos adotados para o estudo	Mecanismos de controle e execução de atividades:
Exploratória	Pesquisadores e membros da organização, na situação investigada, começam a detectar os problemas, os atores, as capacidades de ação e os tipos de ação possível.	Definiu-se o problema (subitem 1.1), objetivos (subitem 1.3), atores (diretos - pesquisador; indiretos - colaboradores da empresa pesquisada).	<ul style="list-style-type: none"> - Atores diretos: pesquisador; - Atores indiretos: colaboradores da empresa pesquisada; - Aspectos metodológicos e técnicos: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, observação participante, reuniões, análise de conteúdo; - Delineamento da pesquisa (subitem 3.3).
Pesquisa aprofundada	É considerada a fase mais longa, onde são deliberadas possíveis ações transformadoras para se direcionar a investigação, por meio de diversos tipos de instrumentos de coleta de dados, que são discutidos e progressivamente interpretados.	Aplicaram-se os instrumentos de coleta de dados apropriados para execução da pesquisa junto a empresa analisada.	<ul style="list-style-type: none"> - Pesquisa bibliográfica; - Observação participante (Atividades impactadas pelo processo junto à empresa analisada); - Reuniões (junto aos envolvidos no processo).
Ação	Consiste, com base nas investigações em curso, em difundir os resultados, definir objetivos alcançáveis por meio de ações concretas, e apresentar propostas que poderão ser negociadas entre as partes interessadas.	Realizou-se reuniões junto ao gerente da Engenharia de Manufatura da empresa analisada, definindo-se as premissas do modelo de cronoanálise.	<ul style="list-style-type: none"> - Reuniões periódicas para apresentação e análise das fases do TFC, junto ao gerente da Engenharia de Manufatura da empresa pesquisada.
Avaliação	Tem por objetivos observar e redirecionar o que realmente acontece, bem como resgatar o conhecimento produzido no decorrer do processo de pesquisa-ação.	Após, análise e interpretação daquilo que foi desenvolvido, definiu-se essa proposta de TFC.	<ul style="list-style-type: none"> - Reuniões com a gerência da Engenharia de Manufatura da empresa analisada; - Relatório final.

Quadro 4 - Etapas do processo de pesquisa-ação. Fonte: O Autor.

No próximo subitem apresenta-se o delineamento de pesquisa, proposto para o presente TFC.

3.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O delineamento da pesquisa está organizado conforme a Figura 4, e na sequência estão os esclarecimentos das seis etapas principais, destacadas no fluxograma.

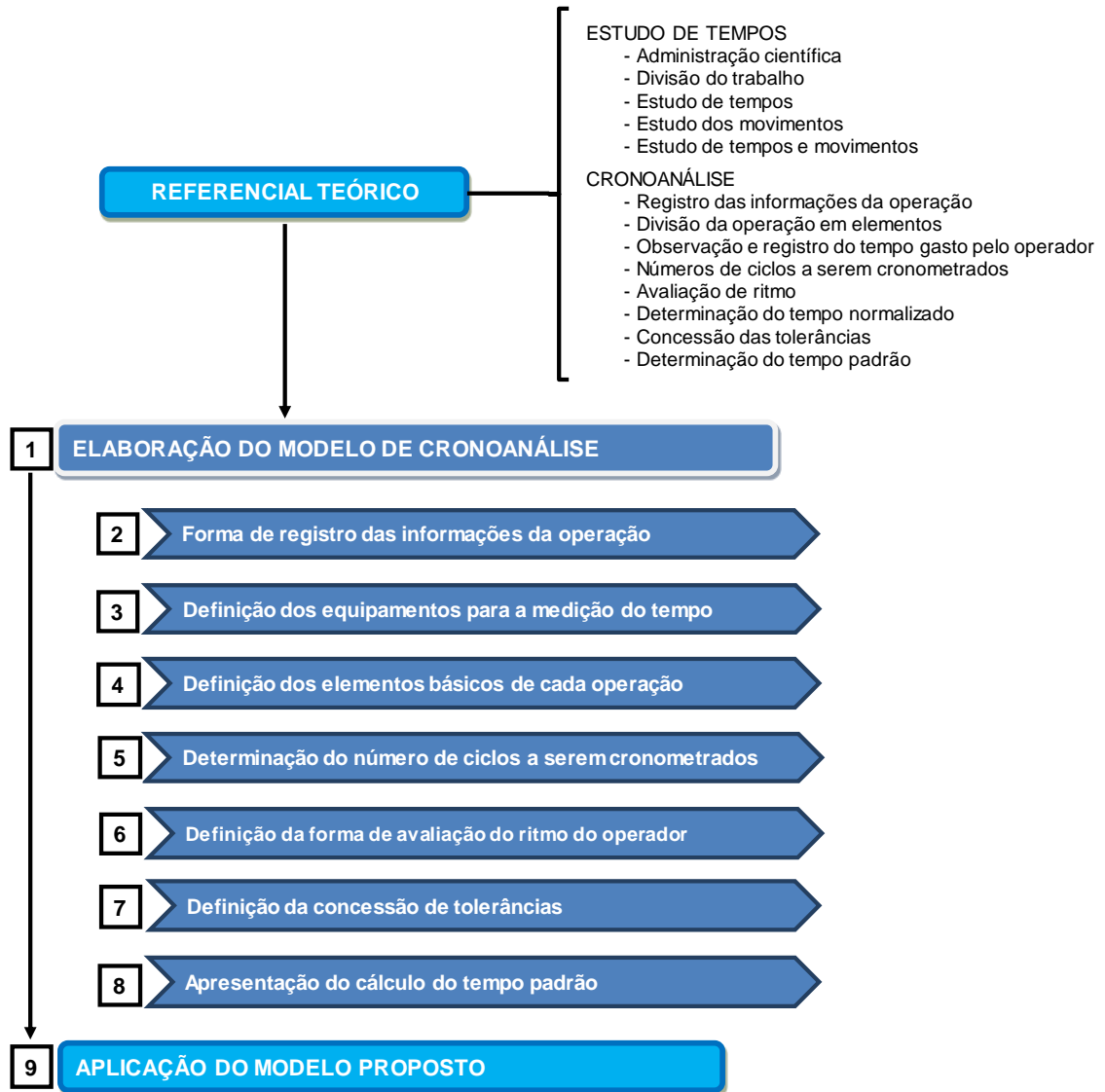


Figura 4: Delineamento da pesquisa. Fonte: Elaborado pelo autor

A seguir, apresenta-se o detalhamento do delineamento da pesquisa:

1. Elaboração do modelo de cronoanálise – Esta fase caracterizou-se pela definição das características do método, ou seja, o que o mesmo deve contemplar para servir seu propósito;

2. Forma de registro das informações da operação – Nesta fase foram definidas quais informações devem ser levantadas na operação que será estudada, bem como a forma de registro das mesmas;

3. Definição dos equipamentos para a medição do tempo – Nesta fase foram determinados todos os equipamentos que o observador deve providenciar para a realização do estudo de tempos, bem como os cuidados como os mesmos e a forma de utilização;

4. Definição dos elementos básicos de cada operação – Cada atividade é dividida em elementos, o propósito desta fase foi identificar estes elementos para cada operação, de modo a facilitar o estudo de tempos para o observador;

5. Determinação do número de ciclos a serem cronometrados – Esta fase caracterizou-se pela definição do número de tomadas de tempo que devem ser realizadas em cada processo para obter a confiabilidade do estudo;

6. Definição da forma de avaliação do ritmo do operador – Nesta fase foram definidos os parâmetros para a avaliação do ritmo do operador, ou seja, um meio para avaliar a velocidade que o mesmo executa a tarefa;

7. Definição da concessão das tolerâncias – Nesta etapa definiram-se as tolerâncias à serem aplicadas ao tempo das operações, ou seja, qual o percentual que deve ser acrescido ao tempo para que o operador consiga realizar a operação;

8. Apresentação do cálculo do tempo padrão – De posse dos dados levantados nos passos anteriores nesta fase definiu-se o cálculo do tempo padrão das operações;

9. Aplicação do modelo proposto - Após a finalização das fases anteriores, procedeu-se com a aplicação do modelo, utilizando o mesmo para a determinação do tempo padrão de um conjunto montado.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nos resultados e discussões serão aplicados os métodos estudados na revisão da literatura, adaptando os mesmos às características da empresa, definindo assim o modelo de cronoanálise com todas as informações necessárias para o estudo de tempos, e determinação do tempo padrão.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA PESQUISADA

A empresa na qual foi desenvolvido o trabalho, é uma multinacional fabricante de equipamentos agrícolas localizada na região noroeste do estado do Rio Grande Sul, que tem por missão o crescimento sustentável através do atendimento ao cliente, inovação, qualidade e comprometimento superiores. Atualmente conta com aproximadamente 800 colaboradores em seu quadro funcional. Por motivo de confidencialidade não será divulgado a razão social da mesma.

Os setores da empresa envolvidos nesta pesquisa são o de soldagem, onde são fabricados diversos conjuntos que são agregados posteriormente ao produto final, e o de montagem onde, como o próprio nome sugere, realiza-se a montagem final de todos os componentes do produto.

4.2 DETERMINAÇÃO DO MODELO DE CRONOANÁLISE

Para a determinação do modelo de cronoanálise seguiram-se os passos fundamentais definidos por Barnes (1977): Obter e registrar as informações sobre a operação e o operador em estudo; dividir a operação em elementos; observar e registrar o tempo gasto pelo operador; determinar o número de ciclos a serem cronometrados; avaliar o ritmo do operador; determinar as tolerâncias; determinar o tempo padrão para a operação.

Desta forma, partiu-se para a elaboração de um documento que contemplasse todos estes passos, este documento foi denominado de “folha de cronoanálise”, e contém todas as informações necessárias para o cálculo do tempo padrão de uma operação.

A Figura 5 apresenta a folha de cronoanálise desenvolvida, bem como a identificação dos campos da mesma, os quais serão detalhados em seguida.

FOLHA DE CRONOANÁLISE

Analista: _____ Data: _____															
Operador: _____ Máquina: _____ Nº POP: _____			Hora Início: _____ Hora Fim: _____			6									
3															
DESCRÇÃO DOS ELEMENTOS	CICLOS (Segundos)											CÁLCULOS			
	Movimentar item	Desembalar	Retrabalhar	Posicionar	Montar	Regular	Lubrificar/ Apicar Protetivo	Lacrar para f.	Somatório	VA	SVA	NVA	Ritmo (%)	Tempo Normalizado (TN)	Tolerâncias (%)
1								0	0	0	0	0,0%	0	0,0%	0,00
2								0	0	0	0	0,0%	0	0,0%	0,00
3								0	0	0	0	0,0%	0	0,0%	0,00
4								0	0	0	0	0,0%	0	0,0%	0,00
5								0	0	0	0	0,0%	0	0,0%	0,00
6								0	0	0	0	0,0%	0	0,0%	0,00
7								0	0	0	0	0,0%	0	0,0%	0,00
8								0	0	0	0	0,0%	0	0,0%	0,00
9								0	0	0	0	0,0%	0	0,0%	0,00
10								0	0	0	0	0,0%	0	0,0%	0,00
11								0	0	0	0	0,0%	0	0,0%	0,00
12								0	0	0	0	0,0%	0	0,0%	0,00
TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	0	TOTAL: 0,0%	0,00

7

5

4

1

3

6

Fórmulas:
 TN = Média (X) x Ritmo (%)
 TP = TN + Tolerâncias (%)

Legenda:
 TN: Tempo Normalizado
 TP: Tempo Padrão

Figura 5: Identificação dos campos da Folha de Cronoanálise. Fonte: Elaborado pelo autor, a partir da empresa pesquisada

Este documento apresenta-se no formato de uma planilha eletrônica, desta forma, o analista faz a impressão da mesma para a realização da cronometragem de uma determinada operação, analisa o ritmo do operador, e posteriormente digita os dados coletados na planilha eletrônica que, automaticamente calculará o tempo padrão da operação.

A Figura 6 apresenta a folha que fica no verso da folha de cronoanálise, e contém as tabelas e gráficos do documento.

FOLHA DE CRONOANÁLISE - TABELAS E GRÁFICOS

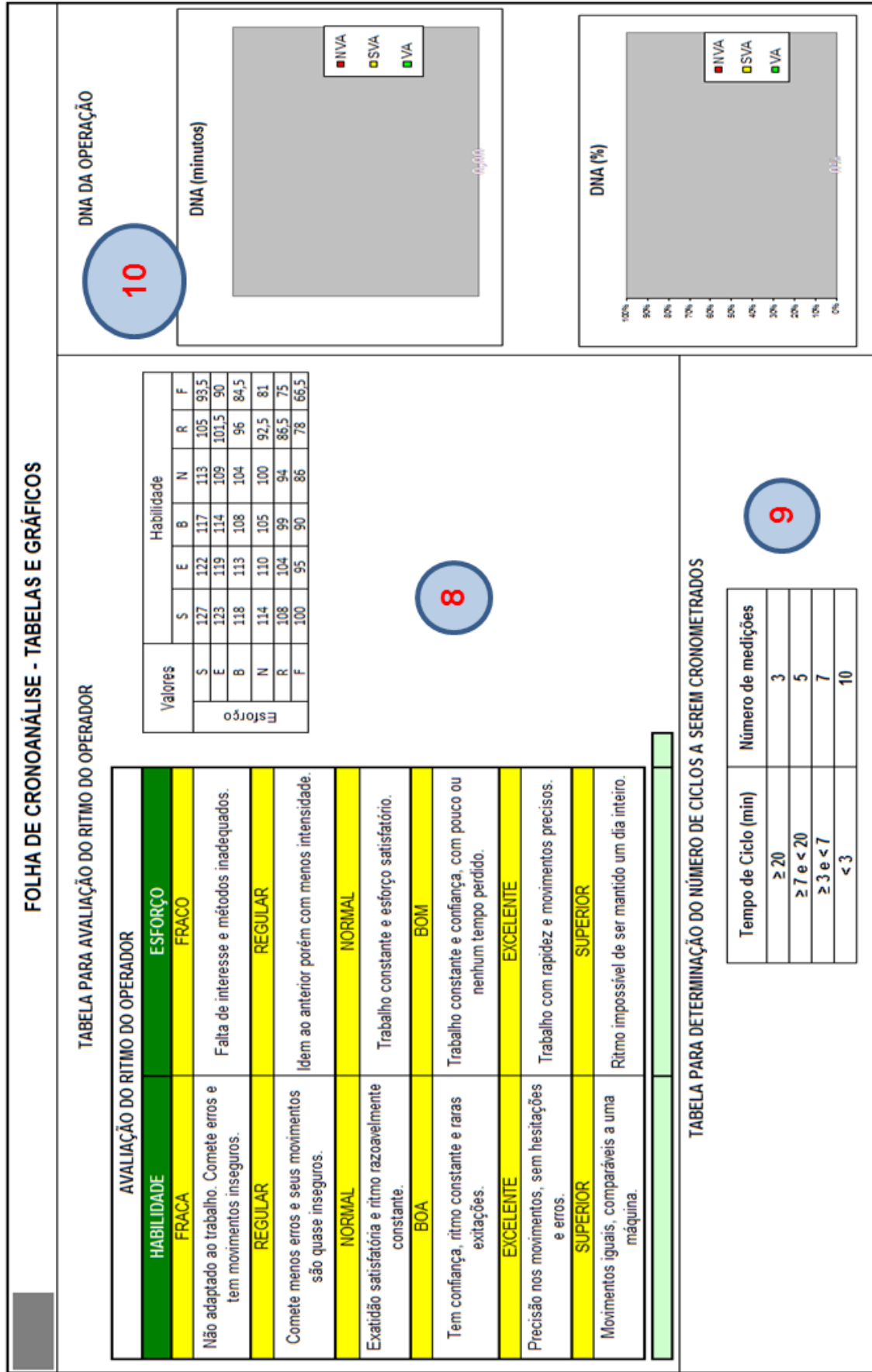


TABELA PARA DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE CICLOS A SEREM CRONOMETRADOS

Tempo de Ciclo (min)	Número de medições
≥ 20	3
≥ 7 e < 20	5
≥ 3 e < 7	7
< 3	10

9

DNA (%)

Categoria	Valor
NVA	66,5
SVA	66,5
VA	66,5

10

10

Figura 6: Identificação dos campos da Folha de Cronoanálise (verso). Fonte: Elaborado pelo autor, a partir da empresa pesquisada

A partir do próximo subitem será apresentado o detalhamento dos campos da folha de cronoanálise, bem como a forma como a mesma foi desenvolvida.

4.2.1 Registro das informações da operação

Conforme citado anteriormente, o primeiro passo para a realização da cronoanálise é o registro das informações da operação. Desta forma, a partir da revisão bibliográfica, Silva e Coimbra (1980) afirmam que devem ser registrados os seguintes dados: número do código da peça e denominação; número e denominação da operação; departamento ou seção da fábrica onde se realiza a operação; nome e número de registro do operador; data e horário do estudo e nome do observador.

Como pode-se observar na Figura 5, o campo identificado como número “1” é o cabeçalho da folha de cronoanálise, neste campo foram colocadas todas as informações que o analista deve levantar para a realização do estudo:

- O setor no qual o estudo será realizado (montagem, solda);
- O nome do operador que esta realizando a atividade a ser estudada;
- O número do posto ou célula na qual a operação é realizada;
- O nome ou código da operação ou conjunto que será cronometrado;
- O número da máquina na qual a operação é realizada;
- A identificação do Procedimento Operacional Padrão (POP) da operação;
- O nome do analista que realizará o estudo;
- A data do estudo;
- A hora de início e fim do estudo.

4.2.1.1. Definição dos Equipamentos para Medição do Tempo

O principal equipamento para a cronoanálise é o cronômetro, que será utilizado para registrar o tempo da operação, o mesmo deve estar devidamente aferido, para garantia de uma leitura confiável. No caso da empresa estudada todos os cronômetros são aferidos anualmente e é possível verificar a validade da calibração através de um selo, como pode-se visualizar na Figura 7.



Figura 7: Cronômetro digital com indicador de calibração. Fonte: A empresa pesquisada

Além do cronômetro, outros equipamentos indicados são: a prancheta - para colocar a folha de cronoanálise no momento do estudo - um lápis; borracha; caneta e calculadora. Também muitas vezes, se faz necessário o uso de uma trena para medições no posto de trabalho como, por exemplo, a distância percorrida pelo operador para realizar determinada operação.

De posse de todos os equipamentos citados, e com as informações iniciais da operação registradas na folha de cronoanálise, o analista pode iniciar o segundo passo para a realização da cronoanálise, que é a divisão da operação em elementos.

4.2.2 Definição dos elementos básicos de cada operação

Elemento é a unidade mínima de cada operação, sua identificação é importante para distinguir trabalho produtivo de improdutivo, identificar elementos que causam fadiga no operador, permitir uma avaliação mais precisa do ritmo do mesmo, entre outros.

No intuito de facilitar o estudo de tempos, optou-se por identificar previamente todos os elementos das atividades de soldagem e montagem da empresa pesquisada, os mesmos encontram-se no campo identificado com o

número “2” na Figura 5. Estes elementos foram levantados através de observações diretas das atividades, e consulta aos operadores e especialistas de cada processo.

Nos próximos subitens serão detalhados os elementos identificados para as operações de soldagem e montagem.

4.2.2.1. Elementos das atividades de soldagem

Através de observações, foi identificado que uma operação de soldagem possui basicamente os seguintes elementos:

- Preparação de equipamentos: São as atividades preparatórias para soldagem como: regular amperagem do aparelho de solda; vestir os equipamentos de proteção individual (EPI's); e limpar o bocal da tocha de soldagem;
- Movimentar Item: É a atividade de movimentação de peças, ferramentas e dispositivos, do ponto de armazenagem até o local de soldagem;
- Posicionar no dispositivo: A maioria dos conjuntos soldados, é fabricado com o auxílio de um dispositivo que determina a posição correta de cada componente/peça, desta forma, o elemento de “posicionar no dispositivo” é colocação e fixação do componente no dispositivo de soldagem;
- Pontear: é a atividade de aplicar pontos de solda entre dois ou mais componentes de maneira a fazer a junção dos mesmos para posteriormente finalizar a soldagem;
- Soldar: É a atividade na qual um componente é ligado a outro através da fundição ou da deposição de um material entre os mesmos;
- Limpeza (lixar, retirar respingos): Em alguns casos durante o processo de soldagem ocorrem respingos (resíduos de material fundido que solidificam e aderem à superfície da peça soldada), ou excesso de material no cordão de solda, causando interferências em processos posteriores e má aparência do produto, assim, o elemento “limpeza”, caracteriza-se pela remoção de respingos e material sobressalente decorrentes da soldagem do componente;
- Retirar do dispositivo: É a atividade de retirada do conjunto soldado do dispositivo de soldagem.

4.2.2.2. Elementos das atividades de montagem

Através de observações foram identificados os seguintes elementos para as operações de montagem:

- **Movimentar Item:** É a atividade de movimentação de peças, ferramentas e dispositivos do ponto de armazenagem até o local de montagem;
- **Desembalar:** Muitos componentes chegam até a linha de montagem em suas embalagens originais, ou envolvidos em determinado material para proteção contra poeira, umidade, batidas, quedas, etc. Desta forma, o elemento desembalar caracteriza-se pela retirada da embalagem ou invólucro no qual o componente se encontra;
- **Posicionar:** É a atividade de dispor o item na posição correta para a montagem;
- **Retrabalhar:** Em alguns casos o componente apresenta algum problema que não permite a sua montagem direta, necessitando de ajustes ou adaptações para permitir a mesma, isso caracteriza-se como um retrabalho;
- **Montar:** É a atividade na qual é feita a junção ou ligação de um componente a outro com o objetivo de obter-se o produto final ou parte dele;
- **Regular:** É a atividade de ajuste final do produto para que o mesmo trabalhe conforme a especificação do projeto. Como exemplos pode-se citar o tensionamento de correias, regulagem de rotação de eixos e folgas entre componentes;
- **Lubrificar/aplicar protetivo:** É a atividade de aplicação de óleo ou graxa lubrificante, cera protetiva contra oxidação ou tinta em componentes, conforme a especificação de projeto.

4.2.3 Classificação dos elementos

No campo identificado com o número “3” na Figura 5, está a classificação dos elementos identificados em cada processo da empresa, em relação à agregação de valor, assim tem-se:

- **Value Added (VA):** Atividades que agregam valor ao produto. Ex: montar, soldar, usinar, pintar, cortar, etc;
- **Semi Value Added (SVA):** Atividades com valor semi-agregado. Ex: posicionar, segurar, lubrificar, etc;

- *Non Value Added* (NVA): Atividades que não agregam valor ao produto. Ex: transportar, retrabalhar, esperar, caminhar, etc.

Esta classificação é importante para identificar qual é o percentual de valor agregado da operação, e qual é o percentual de desperdícios, assim, dependendo do resultado é possível direcionar ações de melhoria, para a redução das ineficiências e perdas do processo.

Todos os elementos foram previamente classificados na planilha eletrônica quanto à agregação de valor, desta forma quando o analista digita os tempos, a mesma gera os resultados, bem como um gráfico para facilitar a visualização. Este gráfico irá aparecer no campo identificado com o número “10” da Figura 6.

4.2.4 Descrição da operação

O campo identificado com o número “4” na Figura 5 é reservado para a descrição da atividade ou operação que será analisada. Ex: montagem da chapa superior, soldagem do suporte do eixo, etc.

O terceiro e quarto passos para a realização da cronoanálise, são o registro do tempo da operação, e a determinação do número de ciclos a serem cronometrados. Estes passos serão detalhados nos próximos subitens.

4.2.5 Registro dos tempos da operação

O campo identificado com o número “5” na Figura 5 é reservado para o registro dos tempos da atividade ou operação analisada. Para isto é necessário a determinação do número de ciclos a serem cronometrados, ou seja, quantas vezes a operação deve ser cronometrada.

No próximo subitem encontra-se o detalhamento da forma de determinação do número de ciclos.

4.2.5.1. Determinação do número de ciclos a serem cronometrados

Para a determinação do número de ciclos a serem cronometrados, optou-se pela criação de uma tabela, com o objetivo de evitar a realização de cálculos no momento do estudo facilitando assim, a atividade do analista. Esta tabela foi desenvolvida juntamente com os técnicos e engenheiros dos processos envolvidos, baseada na literatura existente.

Tabela 6
Número de medições por tempo de ciclo

Tempo de Ciclo (minutos)	Número de medições
≥ 20	3
$\geq 7 \text{ e } < 20$	5
$\geq 3 \text{ e } < 7$	7
< 3	10

Fonte: A empresa pesquisada, 2012.

Desta forma, o analista realiza a primeira tomada de tempo, verifica o tempo cronometrado e, posteriormente consulta a tabela para descobrir a quantidade de tomadas de tempo que ainda resta fazer. Por exemplo, se o analista realizar a primeira tomada de tempo e encontrar um tempo de ciclo de 4 minutos, o mesmo terá de fazer mais 6 tomadas, para chegar ao total de 7 tomadas de tempo conforme a tabela.

Esta tabela também encontra-se no verso da folha de cronoanálise, como pode-se observar na Figura 6 (campo identificado com o número “9”).

Os próximos passos para a realização da cronoanálise são a avaliação do ritmo do operador, a determinação das tolerâncias e o cálculo do tempo padrão, passos estes que serão detalhados no próximo subitem.

4.2.6 Cálculos

O campo indicado com o número “6” da Figura 5 possui todos os cálculos necessários para o estudo de tempos e, está dividido em quatro colunas: Ritmo, Tempo Normalizado (TN), Tolerâncias e Tempo Padrão.

A coluna “Ritmo” é preenchida com os valores da avaliação do analista para a velocidade do operador. A coluna TN é automaticamente preenchida pela multiplicação das colunas “Somatório” e “Ritmo”. A coluna “Tolerâncias” é preenchida com o percentual que será adicionado ao tempo normalizado, percentual este, já estabelecido em 19,4% para operações de montagem e 25% para operações de soldagem. A coluna “Tempo Padrão” também é preenchida automaticamente pela multiplicação das demais.

A partir dos próximos subitens será apresentado o detalhamento destes campos.

4.2.6.1. Avaliação do ritmo do operador

O ritmo do operador é a velocidade em que o mesmo executa a tarefa, este fator é apresentado como uma taxa percentual, onde 100% representa o ritmo que um operador devidamente treinado e em condições normais, realiza uma tarefa. Dessa forma, optou-se para a empresa em questão, utilizar uma adaptação do sistema *Westinghouse* conforme demonstrado na Figura 8.

AVALIAÇÃO DO RITMO DO OPERADOR								
HABILIDADE	ESFORÇO	Habilidade						
FRACA	FRACO	S	E	B	N	R	F	
Não adaptado ao trabalho. Comete erros e tem movimentos inseguros.	Falta de interesse e métodos inadequados.	S	127	122	117	113	105	93,5
		E	123	119	114	109	101,5	90
		B	118	113	108	104	96	84,5
		N	114	110	105	100	92,5	81
		R	108	104	99	94	86,5	75
		F	100	95	90	86	78	66,5
REGULAR	REGULAR							
Comete menos erros e seus movimentos são quase inseguros.	Idem ao anterior porém com menos intensidade.							
NORMAL	NORMAL							
Exatidão satisfatória e ritmo razoavelmente constante.	Trabalho constante e esforço satisfatório.							
BOA	BOM							
Tem confiança, ritmo constante e raras exaltações.	Trabalho constante e confiança, com pouco ou nenhum tempo perdido.							
EXCELENTE	EXCELENTE							
Precisão nos movimentos, sem hesitações e erros.	Trabalho com rapidez e movimentos precisos.							
SUPERIOR	SUPERIOR							
Movimentos iguais, comparáveis a uma máquina.	Ritmo impossível de ser mantido um dia inteiro.							

Figura 8: Sistema de avaliação do ritmo do operador. Fonte: Adaptado de Barnes (1977)

O sistema utiliza dois critérios para a avaliação do ritmo: “Habilidade e Esforço” que podem ser classificados de “Fraco” a “Superior”, conforme o quadro posicionado no lado esquerdo da Figura 8. Após esta classificação o analista verifica o percentual de ritmo no quadro da direita da Figura 8.

Esta tabela encontra-se no verso da folha de cronoanálise, como pode-se observar na Figura 6 (campo identificado com o número “8”). Desta forma o analista pode consultar a mesma no momento em que esta observando a operação, facilitando a avaliação do ritmo do operador.

4.2.6.2. Tempo normalizado

O tempo normalizado é o tempo que uma pessoa gasta para realizar uma tarefa em um ritmo normal, sem qualquer adição de tolerâncias. O cálculo do tempo normalizado está diretamente ligado a avaliação do ritmo do operador, por exemplo, se o analista considerar que o operador está trabalhando em um ritmo de 105%, o tempo despendido na tarefa será menor do que o de um operador trabalhando em um ritmo normal (100%), assim, se a média dos tempos cronometrados for de 10 minutos e, o analista considerar que o operador está trabalhando em um ritmo de 105%, o tempo normalizado será de 10,5 min ($10 \text{ min} \times 105\%$).

4.2.6.3. Concessão das tolerâncias

Como citado na revisão da literatura o tempo normalizado não possui acréscimo algum e, desta forma, é impossível de ser considerado como o tempo total da tarefa, pois, durante o dia de trabalho o operador precisa ir ao banheiro, beber água, além da fadiga que não permite que o mesmo mantenha o ritmo constante.

Através de reuniões com técnicos e engenheiros dos setores de soldagem e montagem, foram definidos as seguintes concessões de tolerâncias a serem acrescidos no tempo normalizado:

- Tolerância pessoal: é a tolerância concedida ao operador para atender às suas necessidades pessoais (ir ao banheiro, beber água, etc). Conforme citado na revisão da literatura esta tolerância pode variar de 3% a 5% para um trabalho de 8 horas diárias, para a empresa em questão foram considerados 5%;

- Esforço Físico: é a tolerância aplicada para compensar o desgaste fisiológico do operador ao realizar uma atividade. Para determinar o percentual de concessão utilizou-se a Tabela 2, apresentada na revisão de literatura que, classifica o esforço físico de “Muito Leve” até “Muito Pesado”, tanto para o setor de soldagem como o de montagem, o esforço físico foi classificado como “Pesado”, atribuindo-se um percentual de 7,2%, por se tratar de trabalhos que são executados em sua maior parte em pé, com movimentação em torno do local de trabalho, carregando, puxando ou sustentado pesos;

- Esforço Mental: é a tolerância aplicada para compensar o desgaste fisiológico do operador devido a uma atividade mental, na qual o trabalho executado requer uma atenção concentrada (uso de instrumentos, tomada de decisões,

coordenação de movimentos, etc.). Para a determinação do percentual da tolerância foi utilizada a Tabela 3, apresentada na revisão de literatura que, classifica o esforço mental de “Leve” até “Pesado”. Para os dois setores em questão, o esforço mental foi classificado como “Médio” com um percentual de 1,8%, por se tratar de trabalhos que exigem responsabilidade de segurança e qualidade, e requer pequenas decisões e/ou uso de instrumentos;

- Monotonia: é a tolerância aplicada para compensar o desgaste fisiológico devido ao uso constante do mesmo feixe muscular, com movimentos similares em operações altamente repetitivas. Tanto no setor de soldagem como no de montagem não foi considerado este fator, devido às atividades serem de ciclos longos, não sendo classificadas como repetitivas;

- Condições ambientais: são as condições que conduzem ao desgaste fisiológico do operador devido ao desconforto provocado por agentes externos no local de trabalho, aumentando sua fadiga geral. Para a determinação do percentual para esta tolerância foi utilizada a Tabela 5, mostrada na revisão de literatura onde, para ambos os setores foram considerados 3,6% para condições térmicas, 1,8% para o fator ruído, por ser obrigatório o uso de protetor auricular. Para o setor de soldagem ainda foram adicionados mais 5,6% no fator de condições atmosféricas, por se tratar de um local com alta concentração de pó, ou presença de fumaça ou pó tóxico, com uso obrigatório de máscara facial.

Dessa forma, a soma das tolerâncias para o setor de soldagem é de 25%, e para o setor de montagem é de 19,4%. Conforme Tabela 7.

Tabela 7
Concessão de tolerâncias para os setores de soldagem e montagem

CONCESSÃO DE TOLERÂNCIAS		
DESCRIÇÃO	SOLDAGEM	MONTAGEM
TOLERÂNCIAS PESSOAIS	5,0%	5,0%
ESFORÇO FÍSICO	7,2%	7,2%
ESFORÇO MENTAL	1,8%	1,8%
CONDIÇÕES TÉRMICAS	3,6%	3,6%
CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS	5,6%	0%
MONOTONIA	0%	0%
OUTRAS INFLUÊNCIAS DO MEIO		
RUÍDO	1,8%	1,8%
UMIDADE	0%	0%
VIBRAÇÃO	0%	0%
TOTAL	25%	19,4%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Assim, estes valores são inseridos na coluna “Tolerâncias” do campo “Cálculos” da folha de cronoanálise, e será adicionado automaticamente ao tempo normalizado.

4.2.6.4. Cálculo do tempo padrão

Após o cálculo do tempo normalizado, adiciona-se o percentual de tolerâncias e, assim, obtém-se o tempo padrão da operação. Na planilha eletrônica este tempo será automaticamente calculado.

4.2.7 Legenda

O campo identificado com o número “7”, na Figura 5, é uma pequena legenda da folha de cronoanálise, contendo o significado da abreviação do tempo padrão e do tempo normalizado, além das fórmulas para o cálculo dos mesmos.

Desta forma completa-se o ciclo dos sete passos para a realização da cronoanálise. Nos próximos subitens serão apresentadas as particularidades da aplicação do modelo proposto.

4.3 APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

A aplicação do modelo proposto é apresentada a partir das Figuras 9 e 10.

FOLHA DE CRONOANALISE																
Sétor: Montagem	Operador: 50158080	Analista: Edson Souza														
Posto: P08	Máquina: NA	Data: 13/8/2012														
Operação:	Nº POP: NA	Retrabalhar	Desembalar	Montar	Regular	Lubrificar/ Aplicar Protetivo	Lacrar paraf.	Somatório	VA	SVA	NVAA	Ritmo (%)	Tempo Normalizado (TN)	Tolerâncias (%)	Tempo Padrão (TP)	
CICLOS (segundos)																
DESCRÇÃO DOS ELEMENTOS	Movimentar item	Retrabalhar	Posicionar	Montar	Regular	Lubrificar/ Aplicar Protetivo	Lacrar paraf.	Somatório	VA	SVA	NVAA	Ritmo (%)	Tempo Normalizado (TN)	Tolerâncias (%)	Tempo Padrão (TP)	
1 Pré montagem do Rolo(71409953)	230	0	125	265	0	0	0	620	265	125	230	100,0%	620	19,4%	740,28	
2 Pré mont. das blindagens LE(71410092) e LD(71410093)	260	0	180	380	0	0	0	820	380	180	260	100,0%	820	19,4%	979,08	
3 Montagem das Blindagens na Máquina(71409954)	95	0	60	180	0	0	0	335	180	60	95	100,0%	335	19,4%	399,99	
4 Montar Chapa do Meio(6238470M91)	320	0	146	370	0	0	0	836	370	146	320	100,0%	836	19,4%	998,18	
5 Montagem do rolo no embocador(71409953)	220	0	210	360	0	0	0	790	360	210	220	100,0%	790	19,4%	943,26	
6 Pré montagem da polia variadora(71409757)	280	0	178	350	0	0	0	808	350	178	280	100,0%	808	19,4%	964,75	
7 Pré montagem da polia variadora inferior(71409755)	220	0	142	375	0	0	0	737	375	142	220	100,0%	737	19,4%	879,98	
9 Montar chapa de desgaste (71409624)	80	0	45	185	0	0	0	310	185	45	80	100,0%	310	19,4%	370,14	
10 Montar Borracha(71409611)	90	0	120	120	0	0	0	330	120	120	90	100,0%	330	19,4%	394,02	
11 Montar chapa de Fundo (6238514M91)	230	0	352	485	0	0	0	1127	485	352	230	100,0%	1127	19,4%	1345,64	
12 Suportes da caixa de pedras(71409611)	70	0	0	150	0	0	0	220	150	0	70	100,0%	220	19,4%	262,68	
13 Eixo inferior e Polia(71409755)	360	0	220	465	0	120	0	1165	465	340	360	100,0%	1165	19,4%	1391,01	
TOTAL	2455	0	1778	3685	0	0	0	8098	3685	1898	2515		8098	TOTAL:	9669,01	
Legenda:																
TN = Tempo Normalizado																
TP = Tempo Padrão																
Fórmulas:																
TN = Média (X) X Ritmo (%)																
TP = TN + Tolerâncias (%)																
								DNA(%)	46%	23%	31%				Tempo(min)	161,15
								DNA(min)	61,42	31,63	41,92				Tempo(h)	2,6858

Figura 9: Cronoanálise de conjuntos montados. Fonte: Elaborado pelo autor, a partir da empresa pesquisada

FOLHA DE CRONOANÁLISE - TABELAS E GRÁFICOS

TABELA PARA AVALIAÇÃO DO RITMO DO OPERADOR

AVALIAÇÃO DO RITMO DO OPERADOR		Habilidade								
HABILIDADE	ESFORÇO									
FRACA	FRACO	S	E	B	N	R	F			
Não adaptado ao trabalho. Comete erros e tem movimentos inseguros.	Falta de interesse e métodos inadequados.	S	127	122	117	113	105	93,5		
Comete menos erros e seus movimentos são quase inseguros.	Idem ao anterior porém com menos intensidade.	E	123	119	114	109	101,5	90		
		B	118	113	108	104	96	84,5		
		N	114	110	105	100	92,5	81		
		R	108	104	99	94	86,5	75		
		F	100	95	90	86	78	66,5		
		Esforço								

DNA DA OPERAÇÃO

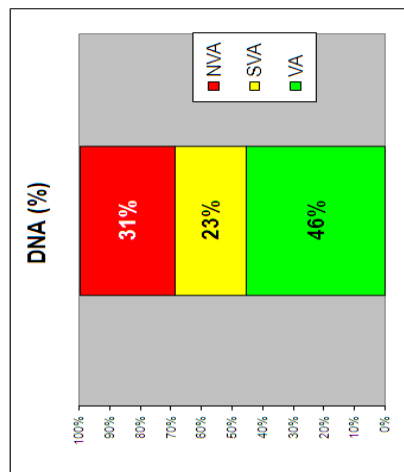
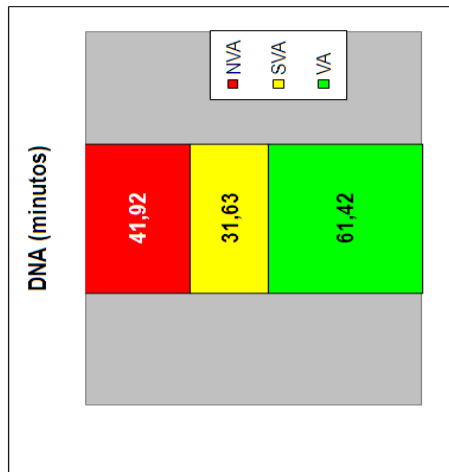


TABELA PARA DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE CICLOS A SEREM CRONOMETRADOS

Tempo de Ciclo (min)	Número de medições
≥ 20	3
≥ 7 e < 20	5
≥ 3 e < 7	7
< 3	10

Figura 10: Cronoanálise de conjuntos montados – tabelas e gráficos. Fonte: Elaborado pelo autor, a partir da empresa pesquisada

Dessa forma, o tempo padrão do conjunto foi de “2,69 horas”, como trata-se de um conjunto montado a concessão de tolerâncias foi de 19,4%, e o ritmo do operador foi considerado normal (100%). Analisando o gráfico de agregação de valor da operação na Figura 10, é possível identificar que 46% são atividades que agregam valor, 23% são de valor semi-agregado, e 31% não agregam valor ao produto, ou seja, 31% do tempo de trabalho é gasto com desperdícios que o cliente não está disposto a pagar. Com isso é possível identificar que esta operação tem grande potencial para melhorias no processo de modo a reduzir as perdas do processo, tornando o mesmo mais enxuto.

Com o tempo obtido na cronoanálise do conjunto, realizou-se uma comparação com o tempo cadastrado no sistema *Enterprise Resource Planning* (ERP) da empresa, para o conjunto em questão. Na Figura 11 é possível visualizar os referidos dados.

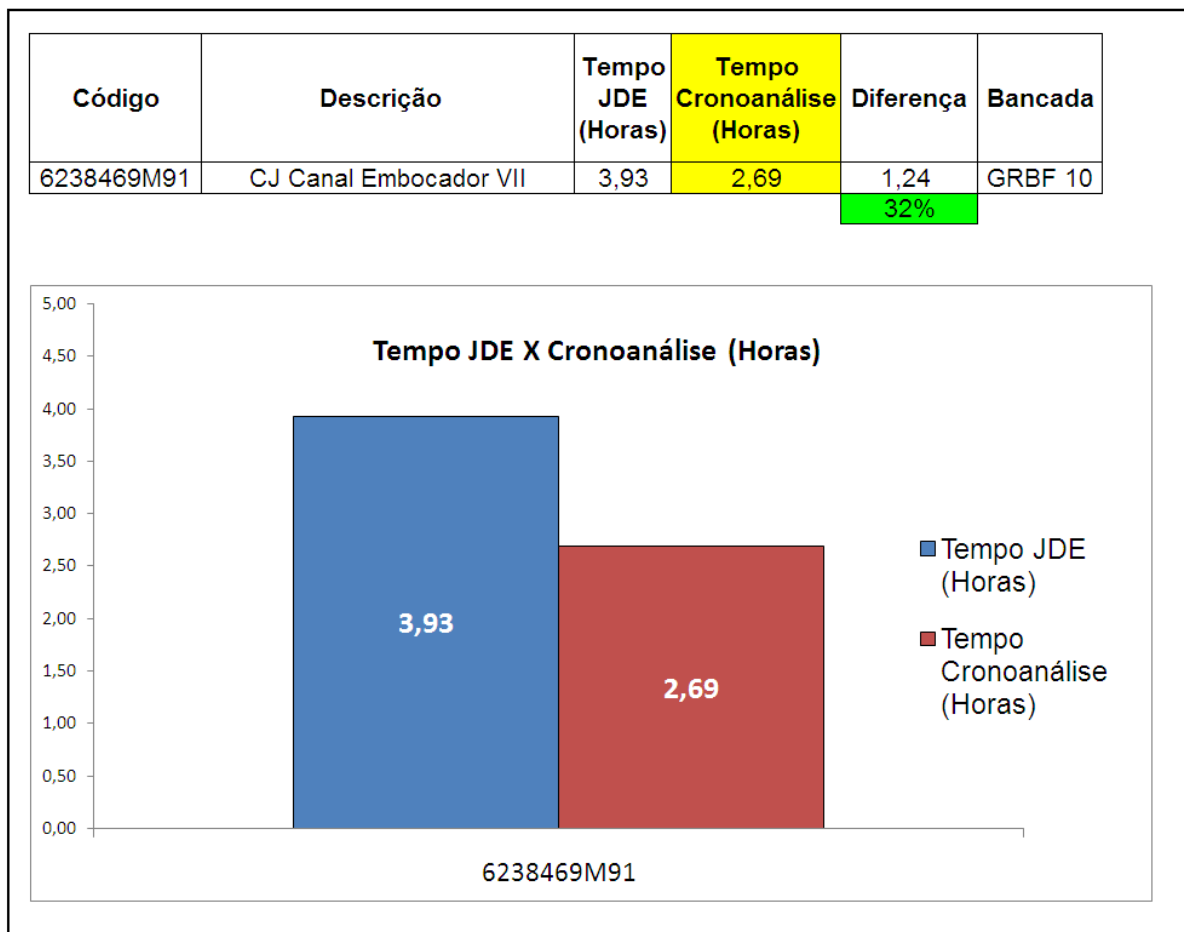


Figura 11: Comparação entre o tempo de sistema e a cronoanálise do processo. Fonte: Elaborado pelo autor, a partir da empresa pesquisada

Conforme mostrado na Figura 11, o tempo cadastrado no sistema ERP da empresa para o conjunto em questão é de “3,93 horas” e o tempo medido na cronoanálise do processo foi de “2,69 horas”, ou seja, uma diferença de “32%”. Sendo assim é possível identificar que o tempo do sistema ERP da empresa foi superestimado no momento de sua determinação, isto explica-se pela falta de um método adequado naquele momento, onde, por falta de segurança nos dados, as operações acabavam sendo cadastradas com um tempo superior ao que realmente necessitam, impactando diretamente no custo das mesmas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, as organizações buscam cada vez mais a otimização de seus processos produtivos, com o objetivo de reduzir custos e ganhar competitividade no mercado. Neste sentido, destaca-se que o objetivo geral do TFC, de propor e aplicar um modelo de cronoanálise para os setores de soldagem e montagem de uma empresa de agronegócios foi atingido conforme itens 4.2 e 4.3, da apresentação e análise dos resultados.

As principais dificuldades para a elaboração do modelo proposto foram em relação à definição do número de ciclos a serem cronometrados, pois na literatura encontram-se tabelas e métodos que levam a números exagerados de tomadas de tempo, chegando-se até a 600 tomadas para uma mesma operação. Como a empresa em questão possui processos mais robustos e operações com elevado tempo de ciclo, chegou-se a conclusão de desenvolver uma tabela própria com um número razoável para a tomada de tempos.

A principal contribuição do presente trabalho, para a empresa em questão, é a determinação do tempo padrão das operações através de um método confiável, que vem em substituição da forma inadequada utilizada anteriormente, permitindo assim, uma melhor determinação dos custos dos produtos. Além disso, a correta determinação do tempo padrão tem impacto positivo sobre outros fatores como planejamento da produção, definição de carga homem e carga máquina, indicadores de produtividade, e qualidade, entre outros.

Ressalta-se que sem uma base de dados advinda de um método confiável para a determinação do tempo, dificilmente a empresa irá saber quais processos ou operações devem ser priorizados em ações de melhoria. Portanto, este trabalho também contribui para a criação de uma base de dados confiável para o direcionamento de futuros projetos de melhoria, que tragam maior eficiência nos processos e redução dos custos produtivos.

Outra contribuição do presente trabalho está relacionada à determinação do percentual de agregação de valor de cada atividade, fator importante para a identificação dos desperdícios da atividade, ou seja, ineficiências do processo que estão impactando negativamente no tempo da atividade e, conseqüentemente no seu custo. Com esta identificação é possível direcionar ações para redução destes desperdícios, tornando assim o processo mais enxuto para ganhar competitividade no mercado.

Também, pode-se destacar que o conhecimento adquirido para que fosse possível a elaboração do trabalho, foi muito importante e será de grande valor tanto para meu desenvolvimento pessoal, quanto profissional.

Por fim, ressalta-se que a proposição e a aplicação do modelo de cronoanálise para a empresa pesquisada, foi muito importante para garantir a confiabilidade da formação do custo relacionado ao tempo de realização das operações, conforme demanda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, B. F. O. **Método da Elaboração de Folha de Processos em Sistemas de Manufatura**. 2009. Monografia (Graduação. Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de fora, 2009.

BARALDI, E. C. **Ergonomia e Abastecimento Planejado em uma Linha de Montagem Automotiva**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.automotiva-poliusp.org.br/mest/banc/pdf/baraldi_emilio.pdf>. Acesso em 29 de março de 2011.

BARNES, R. M.; **Estudo de Tempos e Movimentos: projeto e medida do trabalho**. Tradução da 6º ed. Americana. Sergio Luis Oliveira Assis, José S. Guedes Azevedo e Arnaldo Pallota; revisão técnica Miguel de Simoni e Ricardo S. da Fonseca. 6. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

CHIAVENATO, I. **Teoria Geral da Administração**. Volume 1. Rio de Janeiro: Elsevier, 2001.

COSTA JÚNIOR, E. D. **Gestão em Processos Produtivos**. Curitiba: Ibpex, 2008.

MARESCA, L. **Aplicação do *Methods Time Measurement (MTM)* como Instrumento de Melhorias em uma Linha de Montagem: Estudo de Caso**. 2007. Monografia (Graduação. Engenharia de Produção e Sistemas) – Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2007.

MARTINS, P. G., LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva 2000.

SILVA, A. V., COIMBRA, R. R. C. **Manual de Tempos e Métodos**. São Paulo: Hemus, 1980.

SLACK. N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. Trad. Maria Teresa Corrêa de Oliveira, Fabio Alher; revisão técnica Henrique Luiz Corrêa. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOUZA JÚNIOR, A. G. **Estudo Comparativo das Metodologias de Tempos Pré-determinados MTM-UAS e BASIC-MOST – Aplicação Prática**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica com Ênfase em Produção) – Centro Universitário de FEI, São Bernardo do Campo, 2010.

SUGAI, M. **Avaliação do uso do MTM (*methods time measurement*) em uma Empresa de Metal-mecânica**. 2003. Dissertação (Mestrado. Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

TAUCHEN, J. A. **Um Modelo de Gestão Ambiental para Implantação em Instituições de Ensino Superior**. 2007. Dissertação (Mestrado. Engenharia) – Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2007.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 14. ed. São Paulo: Cortez, 2005.

THIOLLENT, M. **Pesquisa-ação nas organizações**. São Paulo: Atlas, 1997.