

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA- CAMPUS JARAGUÁ DO SUL - RAU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM FABRICAÇÃO MECÂNICA

DIEGO ANTONIO JUNG

OTIMIZAÇÃO DO MÉTODO DE PRODUÇÃO EM UM PROCESSO DE INDUÇÃO  
DE ROTORES: ESTUDO DE CASO

JARAGUÁ DO SUL  
Novembro / 2019

DIEGO ANTONIO JUNG

OTIMIZAÇÃO DO MÉTODO DE PRODUÇÃO EM UM PROCESSO DE INDUÇÃO  
DE ROTORES: ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica do Campus Jaraguá do Sul – Rau, do Instituto Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do diploma de Tecnólogo em Fabricação Mecânica.

Orientador: Alexandre Zammar, Me.

JARAGUÁ DO SUL

Novembro / 2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
por meio do programa de geração automática do câmpus Rau, do IFSC

Jung, Diego Antonio Jung  
Otimização do método de produção em um processo de  
indução de rotores: estudo de caso / Diego Antonio Jung Jung  
; orientação de Alexandre Zammar Zammar. Jaraguá  
do Sul, SC, 2019.  
59 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal  
de Santa Catarina, Câmpus Jaraguá do Sul -  
Rau. Tecnologia em Fabricação Mecânica. .  
Inclui Referências.

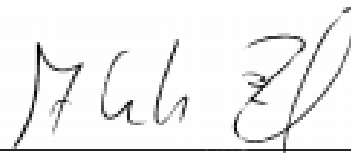
1. Balanceamento. 2. Tempos e Métodos. 3. Padronização.  
I. Zammar, Alexandre Zammar. II. Instituto Federal  
de Santa Catarina. . III. Título.

DIEGO ANTONIO JUNG

OTIMIZAÇÃO DO MÉTODO DE PRODUÇÃO EM UM PROCESSO DE INDUÇÃO  
DE ROTORES: ESTUDO DE CASO

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Tecnólogo em  
Fabricação Mecânica, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de  
Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo  
indicada.

Jaraguá do Sul, 26 de novembro de 2019.



Prof. Alexandre Zammar, Me.

Orientador

IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU



Prof. Edeon Sidnei Maciel Teixeira, Dr.

IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU



Prof. Cassiano Rodrigues Moura, Me.

IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU

Dedico à minha esposa Giovana Fraron Oss  
que me apoio muito nestes anos e me ajudou  
a manter o foco nos momentos difíceis.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais e minha esposa pelo apoio e consideração constante que dedicaram a mim e aos meus estudos nesses três anos e meio.

A meus amigos e amigas que de alguma maneira contribuíram para que chegasse até aqui, compartilhando os momentos de alegria, de estudos, de decisões e de novos direcionamentos nesse último ano de curso, assim como nos outros anos.

Aos professores que possibilitaram novas formas de enxergar as verdades acerca daquilo que nos rodeia, questionando padrões estabelecidos e realidades do mundo da metalmecânica.

Ao meu professor orientador e amigo Alexandre Zammar, que esteve sempre presente, ouvindo e apoiando minhas ideias, sugerindo questões e mostrando novas formas de abordar aquilo que eu indicava como tema de interesse.

A educação faz sentido porque mulheres e homens aprendem que através da aprendizagem podem fazer e refazerem-se, porque mulheres e homens são capazes de assumirem a responsabilidade sobre si mesma como seres capazes de conhecerem.

(Paulo Freire, 2004)

## RESUMO

Na gestão da Produção, uma das técnicas utilizadas é o balanceamento de carga da produção. Buscando sincronizar os recursos necessários para o processamento de um produto, de forma a atender a demanda nas quantidades e datas previstas. Neste contexto este trabalho foi realizado em uma empresa multinacional localizada na região norte do estado de Santa Catarina, na seção de usinagem de rotores em três postos de trabalho de aquecimento indutivo. Dois dos centros em questão possuíam o método de trabalho não padronizado e os tempos desatualizados devido à diversidade de novos materiais. A proposta foi utilizar as ferramentas de tempos e métodos para se padronizar o método de produção e determinar os tempos padrões. Primeiramente foram verificados o processo atual e a disposição do leiaute, foi determinado o novo método e em seguida foram separados os elementos e atividades para se determinar as fadigas e se obter os novos tempos padrões. Devido ao novo método de produção e a atualização dos tempos foi possível obter uma redução de 20,5% do total de horas utilizadas dos três postos. Ainda, para se realizar o balanceamento de carga, foi realizada uma melhoria para a parte de sistema, propondo alterar a característica que determina as famílias de produtos. Com esta alteração foi possível realizar a redistribuição dos materiais entre os postos de trabalho deixando um com uma carga de trabalho de 25,7% em dois turnos, proporcionando a redução de um turno de trabalho e conseqüentemente um colaborador.

Palavras-Chave: Balanceamento. Tempos e métodos. Padronização.



## **ABSTRACT**

In Production management, one of the techniques used is production load balancing. Seeking to synchronize the resources needed to process a product to meet demand in the expected quantities and dates. In this context, this work was carried out in a multinational company located in the northern region of Santa Catarina state, in the rotor machining section of three inductive heating jobs. Two of the centers in question had the non-standard working method and outdated times due to the diversity of new materials. The purpose was to use the time and method tools to standardize the production method and determine the standard times. First the current process and layout were verified, the new method was determined and then the elements and activities were separated to determine the fatigue and to obtain the new standard times. Due to the new production method and the updating of times it was possible to have a reduction of 20.5% of the total hours used of the three stations. Also, to perform the load balancing, an improvement was made in the system part, proposing to change the characteristic that determines the product families. With this change it was possible to redistribute materials between jobs leaving one with a workload of 25.7% in two shifts, resulting in the reduction of one work shift and consequently an employee.

Keywords: Balancing. Times and methods. Standardization.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Projeto de métodos e suas etapas.....	20
Figura 2 - Folha de cronometragem .....	26
Figura 3 - Fluxograma da pesquisa.....	33
Figura 4 - Materiais utilizados no estudo.....	35
Figura 5 - Postos de trabalho .....	36
Figura 6 - Leiaute .....	37
Figura 7 - Motor elétrico .....	38
Figura 8 - Motor elétrico .....	38
Figura 9 - Sistema de aquecimento por indução eletromagnética de tubos.....	40
Figura 10 - Imagens do ciclo atual .....	41
Figura 11 - Imagens do ciclo proposto.....	45
Figura 12 - Redução das horas utilizadas .....	50

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Técnica de questionamento.....	22
Quadro 2 - Componentes do motor elétrico .....	39
Quadro 3 - Processo atual.....	42
Quadro 4 - Processo proposto .....	43

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Número mínimo de operadores.....	24
Equação 2 - Tempo normal (TN).....	30
Equação 3 - Tempo padrão (TP).....	30
Equação 4 - Takt Time.....	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficientes para distribuição normal.....	25
Tabela 2 - Coeficientes para calcular o número de cronometragens.....	25
Tabela 3 - Validação das atividades de movimentação em simultâneo.....	44
Tabela 4 - Processo proposto.....	46
Tabela 5 - Tempos médios.....	47
Tabela 6 - Tempos padrão.....	49
Tabela 7 - Redução das horas utilizadas.....	50
Tabela 8 - Variação de diâmetros por carcaça.....	51
Tabela 9 - Distribuição dos materiais por posto de trabalho.....	51
Tabela 10 - Definição das famílias de produtos.....	52
Tabela 11 - Taxa de ocupação.....	52
Tabela 12 - Taxa de ocupação redução de turno.....	53

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	15
1.1 Objetivos .....	16
1.1.1 Objetivo geral .....	16
1.1.2 Objetivos específicos.....	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	17
2.1 Produção .....	17
2.2 Leiaute.....	17
2.3 Postos de Trabalho .....	18
2.4 Tempos e Métodos .....	19
2.4.1 Padronização do Método de Produção .....	20
2.4.2 Tempo de Ciclo.....	23
2.4.3 Cronoanálise .....	23
2.4.4 Equipamentos para o Estudo de Tempos .....	25
2.4.5 Avaliação de Ritmo.....	26
2.4.6 Fadigas.....	27
2.4.7 Tempo de Preparação .....	28
2.4.8 Tempo Padrão .....	29
2.4.9 Takt-time.....	30
2.4.10 Capacidade .....	31
3 METODOLOGIA.....	33
3.1 Fluxo metodológico .....	33
3.2 Classificação da pesquisa .....	34
3.3 Objeto da pesquisa .....	34
3.4 Descrição do ambiente de pesquisa .....	34
3.5 Materiais utilizados no estudo .....	35
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	36
4.1 Verificação do Leiaute .....	36
4.2 O produto .....	37
4.3 Processo de indução e choque térmico .....	39
4.4 Observação do posto de trabalho .....	40
4.4.1 Padronização da Operação.....	42
4.5 Cronometragem .....	46

4.5.1 Avaliação da velocidade do operador.....	47
4.5.2 Determinação das fadigas.....	48
4.5.3 Determinação do tempo padrão.....	48
4.6 Estratificação dos dados no sistema.....	49
4.6.1 Determinação das famílias de produtos.....	50
4.6.2 Balanceamento de carga.....	52
5 CONCLUSÃO.....	54
5.1 Sugestões para trabalhos futuros.....	55
REFERÊNCIAS.....	56
ANEXO A – CARTA DE SEQUÊNCIA.....	58
ANEXO B – FOLHA DE CRONOMETRAGEM.....	59

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, tem-se observado como a indústria vem sofrendo grandes transformações no sistema produtivo em virtude da globalização, a ameaça de novos concorrentes, da busca incessante da qualidade e a redução do custo de produção como meio para incrementar o lucro e fortalecer a posição competitiva. Muitas operações realizadas dentro das empresas sofrem alterações frequentemente, inclusões e exclusões de processo, mudanças no tempo de processamento dos materiais, variação da taxa de produção ou demanda e alterações nos produtos e nos mercados.

Na Gestão da produção, uma das técnicas aplicadas na indústria como meio de aprimoramento da produção é o balanceamento de carga, sendo aplicado em uma linha de produção ou em postos de trabalho, buscando aperfeiçoar e sincronizar os recursos necessários para o processamento de um produto, de forma a atender e equilibrar os recursos dentro do processo.

Neste contexto, o objeto desta pesquisa é uma empresa multinacional localizada na região norte do estado de Santa Catarina, uma das maiores do mundo no ramo de máquinas elétricas que busca constantemente aperfeiçoar seus processos para oferecer um produto de alta qualidade por um preço competitivo.

O estudo foi realizado na seção de usinagem de rotores, onde três postos de trabalho que são responsáveis pela operação de aquecimento indutivo, sofrem com problemas de desbalanceamento de carga e tempos desatualizados, resultam em menor aproveitamento dos recursos disponíveis que poderiam ter.

Diante disso, o presente estudo buscou realizar um trabalho de balanceamento de carga nos postos de trabalho da usinagem de rotores. Para tal tarefa foi necessária uma avaliação do método de trabalho para determinar novos tempos de processo.

Desta forma, por meio deste estudo, foram identificadas as perdas inerentes ao desbalanceamento e tempos desatualizados que podem gerar informações essenciais para tomadas de decisão, a fim de propor novas melhorias nos processos industriais.

Para este estudo de tempos e métodos foi necessário um aprofundamento teórico que possibilitará identificar quais os problemas e onde estão possíveis gargalos para conseguir realizar o balanceamento e redistribuição dos materiais, e



assim obter um fluxo produtivo contínuo, mais organizado e eficaz que o atual.

A realização desse estudo de caso tem como objetivo para a empresa de melhorar o aproveitamento dos recursos disponíveis, não havendo necessidade da capacitação com o aumento de produção, melhorando a utilização da mão de obra disponível com a padronização da operação, sendo assim, a redução dos tempos padrões acarretam na redução do custo industrial do produto deixando a empresa mais competitiva no mercado.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Realizar o balanceamento de carga em três postos de trabalho que realizam o processo de indução de rotores.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- a) Determinar o método de produção;
- b) Identificar e criar as famílias de produtos para o agrupamento dos materiais por suas características para melhorar a distribuição.
- c) Atualizar os tempos de processo registrando os elementos, ritmo e fadigas para se obter o tempo padrão;

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nessa revisão de literatura serão apresentados os conceitos e as definições que darão a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento do presente trabalho.

### 2.1 Produção

O cenário de competição observado no mercado internacional tem como pano de fundo a necessidade de ajustamento do sistema econômico ocorrido a partir dos anos 70. “Esse processo de ajuste afetou, de maneira radical, os padrões da competitividade em geral, particularmente na indústria” (ANTUNES, 2008, p. 29).

Segundo Antunes (2008), as empresas com grandes setores de produção em massa (automóveis, eletrodomésticos etc.) e nos produtos intermediários (petroquímicos, siderúrgicas etc.), a capacidade de produção era inferior à demanda global até 1973, mas devido a crise econômica esta situação foi revertida.

A transformação ocasionada pela crise do petróleo no mercado alterou a lógica entre a oferta e demanda. “Com a alteração da relação entre oferta e demanda, torna-se predominante a lógica do tipo *Market up*, na qual o mercado passa a definir suas exigências” (ANTUNES 2008, p. 29).

Devido a isto, Antunes (2008) ressalta que as empresas estão mais preocupadas em adotar em seu processo as técnicas modernas de produção, para serem mais produtivas, competitivas e atender às necessidades do mercado.

Ramos (2000) classifica as indústrias nas seguintes categorias quanto ao seu respectivo processo de fabricação:

- Produção em massa;
- Produção intermitente (repetitiva ou encomenda);
- Produção enxuta;
- Processo contínuo ou em batelada.

### 2.2 Leiaute

Segundo Slack, Jones e Johnston (2018), o leiaute ou arranjo físico de uma operação ou processo demonstra a forma como seus recursos estão dispostos,

como suas várias tarefas são alocadas e dispostas ao trabalhador, onde é a entrada e saída de materiais e como é o fluxo dos recursos produtivos. A decisão do arranjo físico pode influenciar na produtividade, com fluxo muito longo ou confuso, filas de clientes, tempos elevados de processo, operações inflexíveis, fluxos imprevisíveis, aumento nos custos e uma lentidão para os que estiverem dentro da operação, sejam eles clientes ou funcionários.

Slack, Jones e Johnston (2018), descrevem que em grande parte, os objetivos de qualquer arranjo físico dependerão das metas e estratégias de uma operação. Alguns tipos básicos de arranjos físicos mais práticos são derivados de quatro tipos.

O arranjo físico posicional trata-se de um arranjo em que os recursos transformados não se movem entre recursos transformadores, ou seja, “Em vez de materiais, informações ou clientes fluírem por uma operação, quem sofre o processamento fica no lugar, enquanto equipamento, maquinário, instalações e pessoas movem-se na medida do necessário” (SLACK, JONES e JOHNSTON 2018, p.242). Isto pode ocorrer porque o produto ou receptor é muito grande para ser movido.

O arranjo físico funcional são recursos ou processos estão mais próximos, em algumas ocasiões porque é conveniente realizar o agrupamento ou porque a melhora a utilização do recurso de transformação.

Em arranjo físico celular, “os recursos transformados que entram na operação são pré-selecionados (ou auto selecionam-se) para irem a uma parte da operação (ou célula) em que todos os recursos de transformação estão localizados para atender às necessidades de processamento imediato” (SLACK, JONES e JOHNSTON 2018, p. 244).

O arranjo físico em linha, o recurso de transformação em que a transformação dos produtos segue um fluxo ao longo da linha de processos, de acordo com as necessidades do produto, dando agilidade e escoando a produção.

### **2.3 Postos de Trabalho**

O sistema de manufatura de uma empresa pode ser constituído por postos de trabalho, que podem ser denominados centros. De acordo com Milnitz (2018) para todo e qualquer trabalho a utilização dos recursos mais variados que a indústria pode fornecer, para se realizar as operações, determina a relação entre máquina e

homem, constituindo o posto de trabalho.

De modo geral, Milnitz (2018) relata que o posto de trabalho dentro de uma linha, disponibiliza para a empresa a capacidade de produção, que é determinada pela relação entre a disponibilidade do recurso (homem e máquina) e a demanda pré-estabelecida de produção, formando o termo capacidade que a indústria pode disponibilizar dos recursos (postos de trabalho) instalados.

Conforme Ramos (2000) os trabalhos e atividades realizadas em uma empresa com um determinado propósito pode ser encarado como uma combinação entre pessoa e máquina e métodos estabelecidos para se alcançar o resultado esperado da operação.

## **2.4 Tempos e Métodos**

Segundo Barnes (1977) o estudo de métodos e tempos teve seu início com Taylor na *Midvale Steel Company*, ele enxergou que o sistema de produção deixava a desejar. Confirmando que um dos maiores problemas na época era a dificuldade de determinar uma carga de trabalho adequada para cada tipo de tarefa que o trabalhador tinha que desempenhar.

Para Barnes (1977) e Contador (2010), o estudo de tempos e métodos seria uma definição para escolher qual é a melhor maneira de se executar um trabalho, com o objetivo de reduzir o custo, ter um processo e tempo padrão que um operador treinado gastaria trabalhando em um ritmo normal.

Barnes (1977) descreve que Taylor o pai que desenvolveu um conjunto de métodos para a produção industrial, o sistema de organização de trabalho denominado fordismo foi um dos princípios de administração produção, levantando questões sobre a produção, qual o melhor método a ser seguido, se o operador deveria possuir uma tarefa diária. “Procurou, então, encontrar a maneira correta de se executar cada uma das operações, ensinando aos operários como fazê-las, dessa forma mantendo constantes todas as condições ambientes, de maneira que pudessem executar suas tarefas sem dificuldades” (BARNES, 1977, p. 9).

De acordo com Barnes (1977), Taylor por meio de estudos científicos, estabeleceu tempos padrões para as operações e o desenvolvimento da administração pessoal, estabelecendo treinamentos e designando os operários para cada tarefa em que melhor se encaixavam.

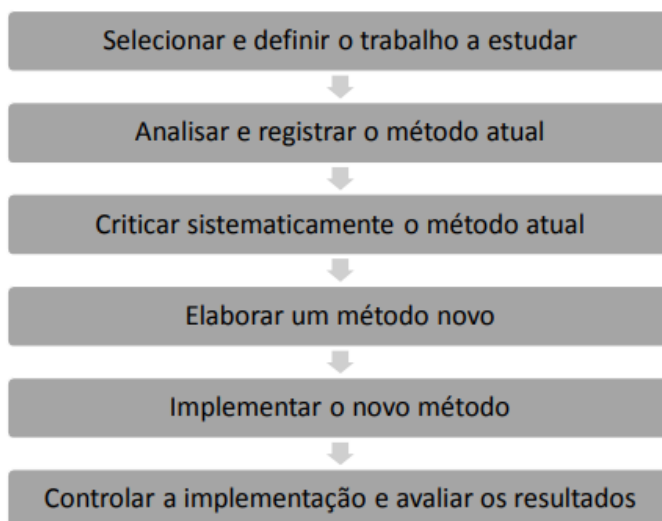
### 2.4.1 Padronização do Método de Produção

De acordo com Barnes (1977) e Slack, Jones e Johnston (2018), a padronização do método de produção, compreende o planejamento e a definição do método de trabalho. Consiste em registrar, analisar e examinar, de maneira sistemática, os métodos existentes e previstos para execução de um trabalho e, a seguir, melhorar e conduzir a aplicação de métodos de execução mais cômodos e eficazes.

Tem como objetivo tornar o trabalho racional, isto é, executado com inteligência. O trabalho racionalizado conduz a uma melhor produtividade. Produzir com produtividade significa obter produto de boa qualidade, com menor custo, em menos tempo e em maior quantidade. Já a produção é a quantidade de produtos fabricados numa determinada unidade de tempo segundo Barnes (1977).

Segundo Slack, Jones e Johnston (2018) O Projeto de Métodos segue um procedimento composto de seis etapas demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Projeto de métodos e suas etapas.



Fonte: Adaptado de Slack, Jones e Johnston (2018, p. 340)

#### **Etapa 1 - Selecionar e definir o trabalho a estudar**

Para Slack, Jones e Johnston (2018), o estudo dos métodos pode ser realizado em termos de trabalho individual, de um setor ou toda a fábrica. Pode

envolver toda a sequência de atividades, os movimentos de trabalhadores, materiais, equipamentos, ferramentas, a localização destas atividades e também o estudo de acontecimentos como:

- Estrangulamentos do fluxo produtivo;
- Trabalho envolvendo muita mão-de-obra especializada ou excessiva manipulação, com muito tempo máquina ou o uso de equipamentos dispendiosos, com muitas horas extraordinárias;
- Trabalho com grande percentagem de rejeições ou desperdício;
- Baixa eficiência do equipamento e trabalho com grandes percentagens de tempo não produtivo;
- Elevada frequência de avarias;
- Falta de espaço para realização da tarefa e trabalho com risco de acidentes.

## **Etapa 2 - Analisar e registrar o método atual**

Esta etapa consiste em observar o método atual e registrá-lo em documentos adequados juntamente com os dados e informações consideradas relevantes segundo Slack, Jones e Johnston (2018). De acordo com Barnes (1977), uma observação deve ser encarada como uma fotografia ou podendo até registrar com filmagens, que servirá como registro para crítica posterior que pode ter a seguinte sistemática:

- Não pensar em melhorar nada durante a observação analítica;
- Seguir uma linha de observar uma coisa por vez no posto de trabalho;
- Verificar o que acontece antes e depois;
- Observar todos os detalhes do local;
- Registrar em documento próprio do estudo as diferentes operações, sequência e frequência dos documentos, tempos das atividades, distâncias percorridas;
- Analisar lógica e sistemática a matéria, produto, mão de obra e equipamento.

### Etapa 3 – Criticar sistematicamente o método atual

De acordo Slack, Jones e Johnston (2018), nesta etapa devem ser analisados os métodos existentes e seus pontos fracos, verificar quais operações podem ser eliminadas substituídas ou combinadas para desenvolver uma melhor sequência. Isso é frequentemente feito usando uma técnica de questionamento demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1 – Técnica de questionamento

Questão	Seguida de	Ação potencial
Qual é o objetivo?	Por quê?	Eliminar a atividade desnecessária
Onde deve ser realizado?	Por quê?	Combinar ou alterar o local
Quando deve ser realizada?	Por quê?	Combinar ou alterar a sequência
Quem a deve realizar?	Por quê?	Combinar, mudar ou qualificar o operador
Como deve ser?	Por quê?	Simplificar ou melhorar o método

Fonte: Fonte: Elaborado pelo autor (2019), adaptado de Slack, Jones e Johnston (2018, p. 341)

### Etapa 4 – Elaborar um novo método

Para Slack, Jones e Johnston (2018) e Barnes (1977), esta etapa tem como objetivo definir um novo método de trabalho que elimine os pontos de ineficiência detectados e que seja considerado o melhor para os recursos existentes. Devem-se identificar formas de avaliação, através de indicadores de desempenho, que permitam claramente avaliar alternativas concorrentes. Além da elaboração da técnica proposta, devem ser previstas formas de comunicação e de apresentação desse novo método a supervisores, especialmente ao conjunto dos operadores que serão responsáveis pela sua implantação e utilização.

### Etapa 5 e 6 – Implementar o novo método, controlar e avaliar os resultados

Para Slack, Jones e Johnston (2018), relatam que para definir um plano de implementação onde são identificados e especificados os objetivos de desempenho a atingir com o novo método, esta prática de trabalho concentra-se principalmente no gerenciamento do projeto. Controlar e avaliar os resultados na fase de produção,

verificando o cumprimento do nível definido para os indicadores de desempenho através de comparação com o antigo método.

#### **2.4.2 Tempo de Ciclo**

Para Martins, Laugeni (2005) e Antunes (2008), para se atingir a produtividade, o balanceamento da linha adequando e a obtenção do *takt-time*, deve-se em primeiro lugar, determinar o tempo de ciclo e a frequência com que uma peça deve sair da linha ou célula, em outras palavras, o intervalo de tempo entre duas peças consecutivas.

Segundo Antunes (2008) a duração de um ciclo determinado pelo período de tempo entre uma repetição do mesmo evento que caracteriza o início ou fim desse ciclo. Cada máquina ou equipamento possui um tempo característico para o processamento. Determinados processos podem ser facilmente identificados o início e fim da operação. Em processos que possuem maquinários, como tornos CNC podem ser identificados facilmente, mas nas operações manuais a relação entre início e fim do processo varia conforme a habilidade do operador.

Para se determinar o tempo de ciclo segundo Martins e Laugeni (2005), é necessário ter o envolver todos onde o trabalho será executado, realizar a definição do método e dividi-lo em elementos. Deve-se realizar o treinamento do operador conforme estabelecido o novo método. Obtendo uma operação sem movimentos desnecessários com um tempo reduzido.

#### **2.4.3 Cronoanálise**

Segundo Martins, Laugeni (2005) e Barnes (1977), a cronoanálise ou estudo de tempos é um dos métodos mais empregados na indústria para se medir o trabalho. A metodologia desenvolvida por Taylor, que faz parte da administração da produção como estudos de tempos cronometrados, tem o objetivo de medir a eficiência, estabelecendo padrões para a produção e para os custos industriais.

Para Barnes (1977), o objetivo desta técnica é a determinação do tempo padrão de uma operação, devem ser observadas algumas condições como:

- O método de trabalho da operação deve estar padronizado;



- O operador deve ser treinado neste método de trabalho;
- As condições de máquina, materiais, dispositivos e ferramentas devem ser normais;
- As condições do local de trabalho (luz, ruídos, temperatura, calor, disposição do material, etc.) devem ser as habituais.

Para Barnes (1977) a cronometragem pode se dividida em duas fases, na primeira fase, a atividade desenvolvida pelo operador deverá também avaliar o ritmo ou eficiência com que ele executou a tarefa. Na segunda fase, com os dados da cronometragem e da avaliação do desempenho do operador, deve-se determina o tempo normal da tarefa, isto é, o tempo requerido para realizar a tarefa trabalhando com um ritmo normal.

Em seguida, ele faz um estudo para estimar os atrasos inevitáveis que ocorrem durante a jornada de trabalho, a fadiga causada pela tarefa e outros fatores que afetam o trabalho. Estes fatores são acrescentados ao tempo normal obtendo-se, então o tempo padrão.

Na concepção de Martins e Laugeni (2005), a pré-cronometragem é necessária para se obter dados como a média da amostra e amplitude da amostra, para ser calculado a quantidade exata de cronometragens ou ciclos. Pode ser vista na Equação 1 da pré-cronometragem, onde atribui-se os dados das Tabelas 1 e 2.

$$n = \left( \frac{z \times R}{E_r \times d_2 \times \bar{x}} \right)^2 \quad (1)$$

Onde:

$n$  = número de ciclos a serem cronometrados;

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

$R$  = amplitude da amostra;

$E_r$  = Erro relativo

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

$\bar{x}$  = média da amostra.

Barnes (1977), Martins e Laugeni (2005), é utilizado para o grau de confiabilidade das medições de entre 90% e 95%, e um erro aproximado de 5% a 10%. A Tabela 1, baseada em tabelas de determinação de grau de confiabilidade, ajuda no cálculo da distribuição normal do número de cronometragens.

Tabela 1 - Coeficientes para distribuição normal

Probabilidade (%)	90	91	92	93	94	95
Z	1,65	1,7	1,75	1,81	1,88	1,96

Fonte: Martins e Laugeni (2005, p.88)

Tabela 2 - Coeficientes para calcular o número de cronometragens

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$d_2$	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078

Fonte: Martins e Laugeni (2005, p.88).

#### 2.4.4 Equipamentos para o Estudo de Tempos

Segundo Barnes (1977), Martins e Laugeni (2005), descrevem que para o estudo de tempos é necessário possuir equipamentos auxiliares. Os equipamentos mais utilizados são:

- Cronômetro centesimal: aparelho utilizado para registros dos tempos durante o processo de cronoanálise;
- Filmadora: uma das formas para se realizar a cronometragem, é por meio de uma filmadora, que podem auxiliar em processos mais rápidos. O filme da operação serve como registro permanente do método, podendo-se assim estudar o desempenho do operador;
- Prancheta de observação: comumente a pessoa que executar a tarefa de cronometrar e realizar as anotações dos tempos e elementos, a utilização da prancheta de observação como meio de apoiar a folha de observação e fixar o cronometro.
- Folha de cronometragem: é utilizada para realizar as anotações dos tempos e as demais informações relativas ao processo conforme apresentada na Figura 2.



trabalhando em uma velocidade normal de 100%, há um padrão definido para ser utilizado como base na avaliação e atribuição do ritmo para a tarefa a ser executado pelo operador.

Segundo Barnes (1977), este valor é atribuído como referência na folha de observações pode ajustar o ritmo de cada operador, se está trabalhando acima ou abaixo do normal, sendo assim, a variação de ritmo não afeta a determinação do tempo padrão.

#### **2.4.6 Fadigas**

De acordo com Contador (2010), Martins, Laugeni (2005) e Barnes (1977), a ótica da indústria sobre o assunto fadiga, pode ser definida de três formas:

- Em longos períodos de trabalho, o operador demonstra sensações de fadiga, reduzindo o seu ritmo;
- Efeito do desgaste fisiológico do operador afetados por fatores do meio ambiente;
- Redução da capacidade de execução das atividades.

Martins e Laugeni (2005) comentam que a fadiga não é somente proveniente do local de trabalho, mas também das condições ambientais do local, que afetam o desempenho das atividades ao longo do dia.

Ambientes de trabalho com excesso de ruído, mais que 80 dB, iluminação insuficiente, menos que 200 lux, condições de conforto térmico inadequadas, temperatura ambiente fora da faixa de 20 a 24°C e umidade relativa abaixo de 40% ou acima de 60%, vibrações, cores inadequadas das paredes e desrespeito à ergonomia nos postos de trabalho, entre outros geram fadiga. (MARTINS E LAUGENI, 2005, p. 87).

De acordo com Martins e Laugeni (2005), definem que o fator de fadiga por tolerâncias com valores entre 10%, sendo respectivamente adotados para trabalho leve e um ambiente bom e 50% do tempo, em trabalhos pesados em condições inadequadas.

O fator de tolerâncias (FT) pode ser visto nas indústrias, tanto nas áreas indiretas (escritórios) quanto no chão de fábrica, para os escritórios o valor adotado

do  $FT = 1,05$  ou 5% e para o chão de fábrica este valor pode variar de 1,10 até 1,20 ou 10% até 20%, em condições consideradas boas do ambiente e por trabalhos onde o nível de fadiga é intermediário.

#### 2.4.7 Tempo de Preparação

O conceito de preparação para Martins e Laugeni (2005) e Monden (2015), é a tarefa realizada para se colocar o equipamento ou posto de trabalho em condições de produzir uma nova peça com a qualidade e produção normal. O tempo de preparação é o tempo gasto na nova preparação do equipamento até o instante em que a produção é liberada.

Segundo Martins e Laugeni (2005), considera-se nesse tempo o que se costuma chamar de *try-out*, que é a produção das primeiras peças para verificar se o equipamento está liberado para a produção normal. A preparação costuma ser vista como uma atividade normal dentro do processo de produção, porque ocorre cada vez que é produzido um material diferente.

Para se conseguir aperfeiçoar o tempo de preparação de um posto de trabalho, Monden (2015) sugere que se deve entender e reorganizar quatro conceitos principais.

- Separar preparação interna e externa:

A preparação interna diz respeito a todas as ações que exijam que a máquina esteja parada, já a preparação externa refere-se a todas as ações que podem ser realizadas em simultâneo a máquina operando.

- Converter o máximo possível de preparação interna em externa:

Realizar o levantamento de todos os elementos de preparação interna e externa. Verificar a possibilidade de otimizar a preparação interna com melhorias no posto de trabalho.

- Redução do processo de ajuste:

A redução do tempo de ajuste que costuma levar em torno de 50 a 70% do tempo total de preparação interna, com o objetivo de reduzir o tempo total de preparação.

- Reduzir a quantidade de preparações:

Para se atingir este objetivo, duas abordagens podem ser praticadas. A

primeira usar um projeto uniforme e sequenciamento dos produtos semelhantes. A segunda é produzir diversas peças ao mesmo tempo.

#### **2.4.8 Tempo Padrão**

Para Martins, Laugeni (2005) e Barnes (1977), consiste na aplicação de técnicas visando determinar o tempo necessário para a execução do conteúdo de trabalho de uma tarefa, por uma pessoa devidamente treinada no método especificado, em ritmo normal, considerando as fadigas de acordo com a tarefa executada e as condições fisiológicas. Este tempo é denominado de tempo padrão.

Segundo Moreira (2011), a medida do trabalho é o intervalo de tempo que um operador leva para cumprir uma determinada tarefa, e para cada tarefa é definido um tempo padrão. Existem quatro formas de se conseguir determinar o tempo padrão:

- Estudo de tempos com cronômetros;
- Tempos históricos;
- Dados padrão pré-determinados;
- Amostragem do trabalho.

O tempo-padrão é uma medida industrial importante e comumente é usado com os seguintes propósitos, segundo Martins e Laugeni (2005):

- Determinar o custo de transformação dos produtos;
- Planejar, programar e controlar a produção;
- Determinar o número de máquinas atribuíveis a um executante;
- Determinar a eficiência de máquina e mão-de-obra;
- Calcular carga de máquina ou de mão-de-obra, visando comparar com o tempo disponível para a tomada de decisões;
- Balancear linhas de produção;
- Elaborar estudos de capacitação de fábrica, visando definir o número de recursos necessários (máquina e mão-de-obra) para atender a demanda;
- Auxílio na elaboração de projetos de instalação de novas fábricas;

- Fazer estudos de melhorias de métodos de trabalho.

De acordo com Martins e Laugeni (2005) e Barnes (1977), com calculado a quantidade  $n$  de cronometragens o calculo da média destes valores, resulta no tempo cronometrado (TC), ou tempo médio (TM). Com os valores estabelecidos é calcular o tempo normal (TN) na Equação 2 e o tempo padrão (TP) na Equação 3.

$$TN = TC \times V \quad (2)$$

$$TP = TN \times FT \quad (3)$$

Onde:

V = velocidade do operador;

FT = fator de tolerância.

#### 2.4.9 Takt-time

Para Antunes (2008) o termo *takt-time* pode ser definido por um ritmo necessário que rege a produção para atender a demanda, considerando as limitações da linha ou célula de produção, sendo assim, para se definir o *takt-time* deve-se verificar o fator de ritmo e tempo de ciclo utilizado para a produção de uma peça.

A intenção desta teoria segundo Antunes (2008), Martins e Laugeni (2005), seria para analisar o comportamento do fluxo de materiais ao longo do processo para se conseguir um melhor aproveitamento da capacidade disponível da linha ou célula de produção.

Segundo Antunes (2008), o *takt-time* está diretamente relacionado com tempo de ciclo, que pode ser definido como o ritmo máximo possível dado as restrições da linha ou célula. O *takt-time* pode ser definido através da Equação 4:

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ total\ disponível}{Demanda\ do\ produto} \quad (4)$$

### 2.4.10 Capacidade

Segundo Slack, Jones e Johnston (2018) a estimativa e alocação dos tempos de trabalho são necessários para a determinação da capacidade e planejamento da produção, sendo assim, de suma importância na administração da produção.

Antunes (2008) descreve que em geral, a capacidade na maior parte das empresas tem pouco rigor científico na medida em que, não conseguem considerar as reais eficiências das linhas de produção ou centros unitários.

De acordo Slack, Jones e Johnston (2018) e Antunes (2008) uma forma de melhorar a utilização dos sistemas produtivos é realizando uma análise da capacidade e demanda e realizar um balanceamento de carga, podendo ser encontrado alguns cenários distintos. A primeira situação onde a capacidade produtiva do recurso é maior que a demanda. Segunda situação é quando a capacidade e demanda são iguais ou muito próximas. Terceira situação é quando o recurso possui menos capacidade que a demanda, sendo considerado gargalo na produção.

Exemplos citados por Antunes (2008) para o aumento da utilização da capacidade aumenta o rendimento operacional dos recursos:

- Uso de equipamento alternativo já existente para ajudar os gargalos de operações;
- Comprar capacidade adicional através de aquisições de máquinas ou aumento do quadro de funcionários;
- Eliminar ou minimizar os períodos de tempos perdidos no gargalo, tentando reduzir ao ponto de balancear as cargas nos postos de trabalho;
- Redução dos tempos de preparação de máquinas através da padronização do método a ser utilizado;
- Melhoria com a manutenção no gargalo visando reduzir as paradas não planejadas;
- Reduções dos tempos de ciclo nas máquinas, utilizando a técnica de melhoria do método de produção;
- Melhoria no sistema de alimentação ou abastecimento dos postos de trabalho, evitando que fiquem ociosos;
- Realizar o balanceamento de carga, distribuindo algumas funções do gargalo



para outro não gargalo;

- Melhoria no processo de fabricação, deixando mais robusto para que se evite o retrabalho;
- Terceirizar uma parte da produção que é feita no gargalo.

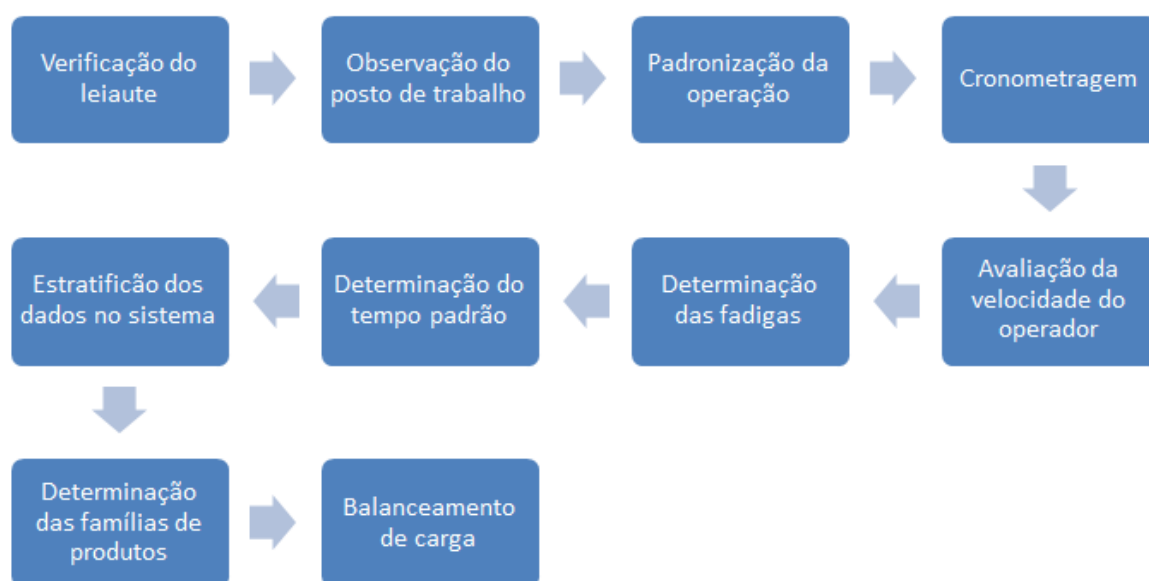
### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Fluxo metodológico

O presente estudo foi desenvolvido através de uma pesquisa exploratória, com o intuito de estudar os tempos empregados a um processo de fabricação, visando verificar a eficácia do método de produção atual e avaliar a distribuição dos materiais nos postos de trabalho.

O trabalho realizado foi dividido em duas etapas, a primeira foi realizada a fundamentação teórica para sustentar o projeto e definir a metodologia de pesquisa. A segunda etapa baseou-se em uma pesquisa de campo que consistiu no levantamento de dados e o planejamento das ações a serem realizadas em uma indústria de motores conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

O fluxograma apresentado demonstra as etapas realizadas em campo e como foram tratados os dados coletados. Uma das etapas foi analisar o posto de trabalho e padronizar o método de produção. Após o treinamento dos funcionários foi realizada as cronometragens, a determinação das tolerâncias e fadigas para se obter o tempo padrão. Com os tempos pré-estabelecidos para os materiais, uma importante proposta para se conseguir equilibrar e distribuir as cargas entre os postos de trabalhos estudados, também analisar e definir as famílias de produtos

para agrupar os materiais por características.

A contribuição pretendida por este trabalho é demonstrar a eficácia do estudo de tempos e métodos dentro do sistema de produção. O seu desempenho dentro da administração da produção, gerando dados confiáveis para a realização de planejamento de ações, tanto na parte de tempos e métodos quanto na melhoria dos processos de fabricação.

### **3.2 Classificação da pesquisa**

O trabalho desenvolvido classifica-se como pesquisa exploratória por utilizar a prática da pesquisa de campo em observar os fatos tal como ocorrerem, na coleta de dados e no registro que permite estabelecer constantes entre determinadas condições, variáveis e eventos (RUIZ, 2014; LAKATOS, 2018).

Quanto à abordagem do problema, o trabalho consistiu numa pesquisa tanto quantitativa quanto qualitativa segundo Lakatos (2018), por buscar levantar dados da empresa e demonstrar a real ineficiência gerada pelos tempos e métodos desatualizados.

### **3.3 Objeto da pesquisa**

O tema definido para a pesquisa tem relevância por apresentar um potencial em melhorar os resultados da utilização dos meios de produção sem a necessidade de investimento em capacitação de postos de trabalho.

Mais especificamente, a intenção deste estudo foi analisar os aspectos do processo de aquecimento indutivo e propor melhorias no método, na distribuição e atualizar os tempos.

### **3.4 Descrição do ambiente de pesquisa**

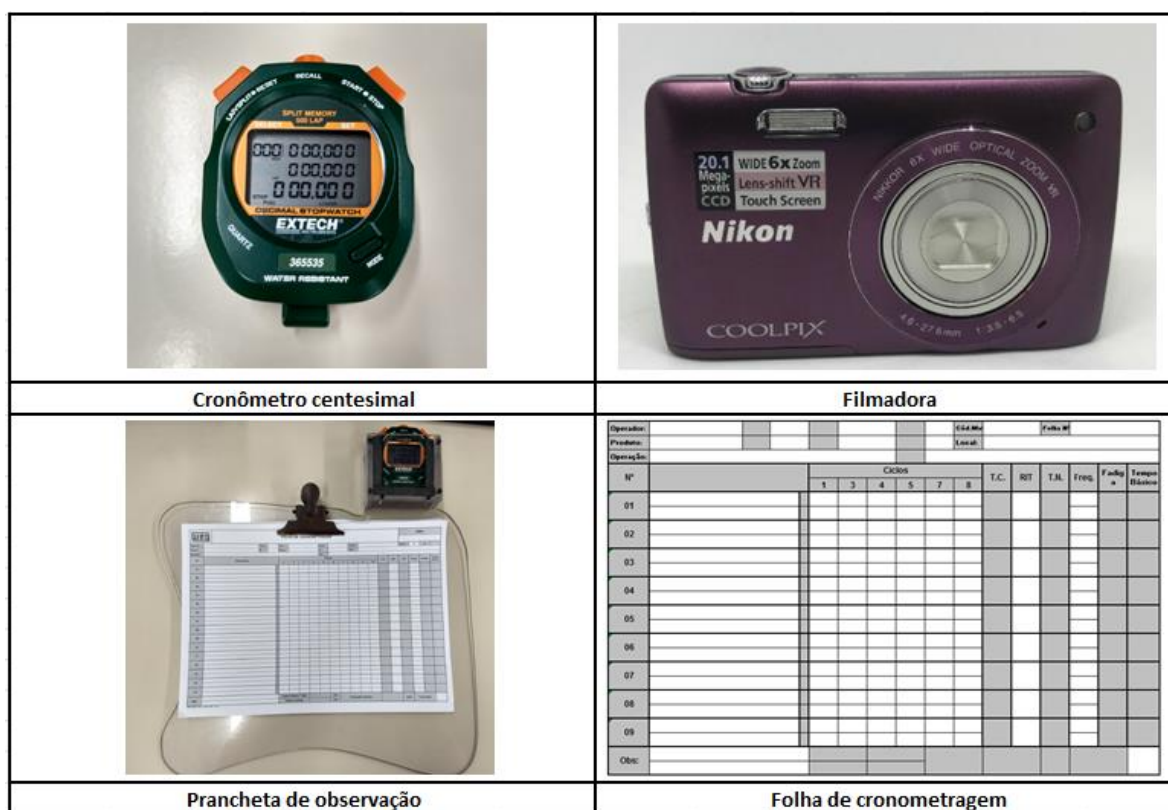
A cidade de Jaraguá do Sul é considerada um polo industrial, pela quantidade de empresas com suma importância no desenvolvimento econômico do estado de Santa Catarina.

O presente estudo foi desenvolvido em uma empresa multinacional localizada em Jaraguá do Sul, na região norte do estado de Santa Catarina, na seção de usinagem de rotores, nos postos de trabalho de aquecimento indutivo.

### 3.5 Materiais utilizados no estudo

Conforme Barnes (1977) apresenta, o método mais utilizado para se medir o tempo nas empresas é a cronometragem, devido a isto, os materiais utilizados para registrar os tempos do método atual e coletar dados sobre o presente estudo de caso. Foi utilizado um cronômetro centesimal, para a tomada de tempos, uma filmadora utilizada para registrar o método atual e propor um novo método. A prancheta de observação que serve para fixar o cronômetro e suporte para a folha de cronometragem. Todos os materiais utilizados para o estudo podem ser vistos na Figura 4.

Figura 4 - Materiais utilizados no estudo

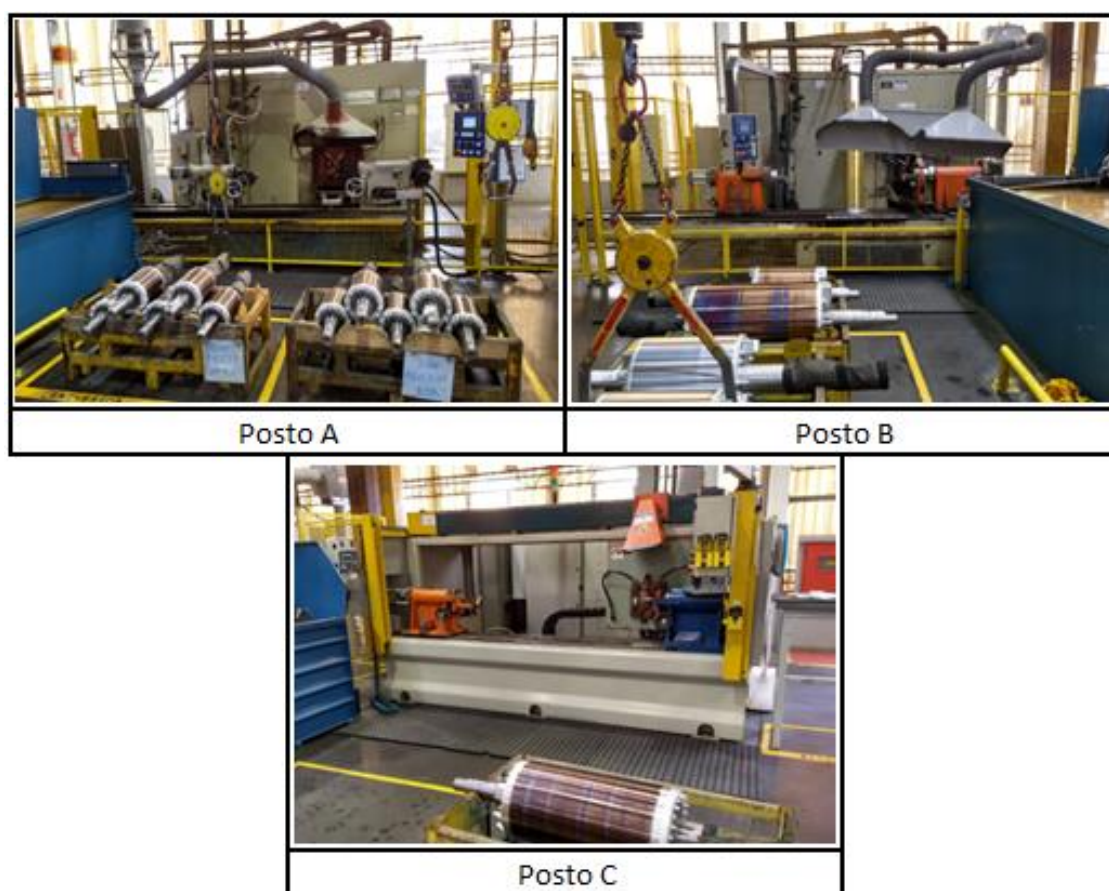


Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, será realizado o estudo de tempos e métodos de acordo com a empresa do estudo de caso, tendo como referencia para a pesquisa a revisão bibliográfica feita anteriormente, a fim de determinar o método e os tempos padrões, e o balanceamento de carga em três postos de trabalho demonstrados na Figura 5.

Figura 5 - Postos de trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Conforme apresentado na Figura 5, os postos de trabalho A, B e C realizam o processo de aquecimento indutivo no componente rotor completo, que é utilizado no motor. Cada posto é ocupado por apenas um operador por turno e funcionam em dois turnos.

### 4.1 Verificação do Leiaute

Os centros de aquecimento indutivo A, B e C apresentados no leiaute da Figura 6, segundo Slack, Jones e Johnston (2018), representam um arranjo físico



estudo de caso, a Figura 7 demonstra um exemplo de um motor modelo W22 PLUS, tamanho da carcaça 250S (250 mm da ponta do eixo até a base do pé do motor), esta característica de carcaça pode variar em função da distancia entre o centra da ponta do eixo até a base do motor devido aos vários formatos de base mais altos ou baixos.

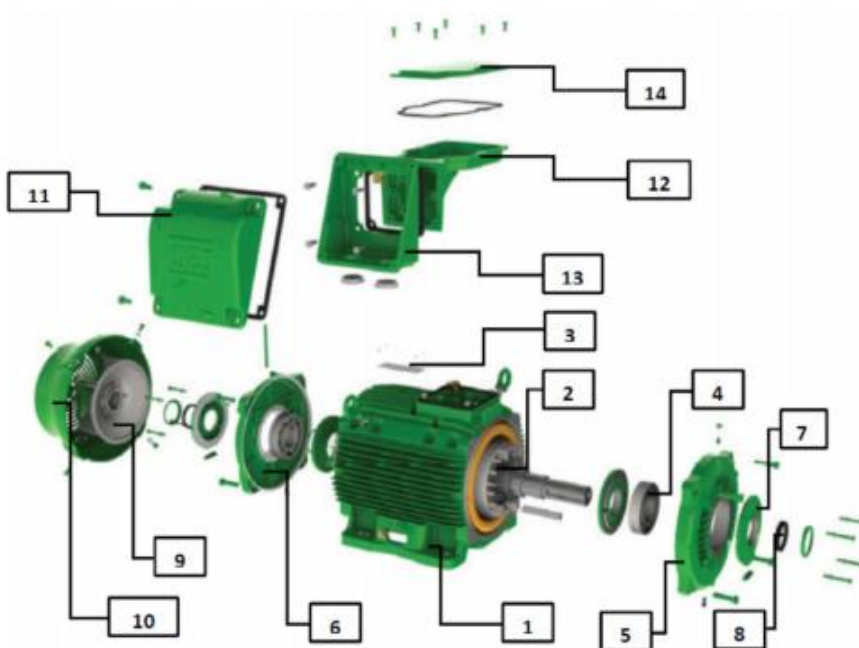
Figura 7 - Motor elétrico



Fonte: Noernberg (2018)

Para um melhor entendimento dos componentes que compõem um motor a Figura 8 demonstra uma vista explodida e o Quadro 2 à lista dos componentes.

Figura 8 - Motor elétrico



Fonte: Noernberg (2018)

Quadro 2 - Componentes do motor elétrico

Item	Componente
1	Carcaça
2	Rotor completo
3	Placa de identificação
4	Rolamento de esferas
5	Tampa dianteira
6	Tampa traseira
7	Anel de vedação
8	Anel borracha vedação
9	Ventilador
10	Tampa defletora
11	Tampa da caixa de ligação
12	Suporte da caixa de ligação
13	Caixa de ligação
14	Tampa do suporte

Fonte: Noernberg (2018)

O item 2 apresentado no Quadro 2, é um conjunto de componentes eixo e rotor injetado que juntos formão o rotor completo, onde pelo campo magnético transmitido a ele, resulta na rotação do componente.

### 4.3 Processo de indução e choque térmico

As aplicações específicas de aquecimento por indução eletromagnética em processos industriais estão cada vez mais diversificadas. A integração de um projeto de aquecimento indutivo conforme a necessidade do cliente, com a troca de indutores possibilitando economia de espaço, portabilidade e eficiência durante o processo produtivo.

Segundo Ferreira (2004), qualquer material condutor de eletricidade pode ser submetido a um aquecimento por indução se for submetido a um campo magnético variável provocando uma força eletromotriz que provoca uma corrente elétrica, esta corrente ocorre preferencialmente na superfície ocasionando o aquecimento.

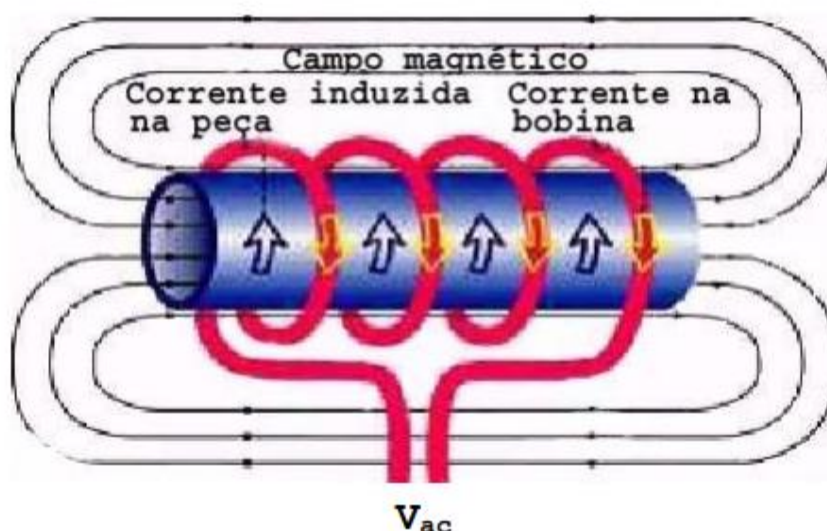
A aplicação de tensão alternada a uma bobina condutora resulta em corrente alternada no circuito da bobina, produzindo em seu interior um campo magnético variável com o tempo, com a mesma frequência aplicada.



Em uma peça condutora posicionada no interior da bobina, são induzidas correntes parasitas, ou de Foucault, em sentido tal que produzam, por sua vez, um campo magnético induzido que se opõe à variação do fluxo magnético da bobina. As correntes parasitas produzem calor por efeito Joule, ou seja, com uma potência diretamente proporcional ao produto da resistência elétrica da região percorrida pelo quadrado da corrente ( $P=RI^2$ ) (FERREIRA, 2004, p. 20).

Conforme descrito por Ferreira (2004), o processo de indução térmica está representado na Figura 9 a seguir:

Figura 9 - Sistema de aquecimento por indução eletromagnética de tubos.



Fonte: Ferreira (2004, p.20)

De acordo com Ferreira (2008), o resfriamento rápido pode ser conseguido através de choque térmico. Considera-se que uma peça sofreu choque térmico, se houve uma troca de calor com um líquido, provocado por uma alta velocidade de resfriamento térmico.

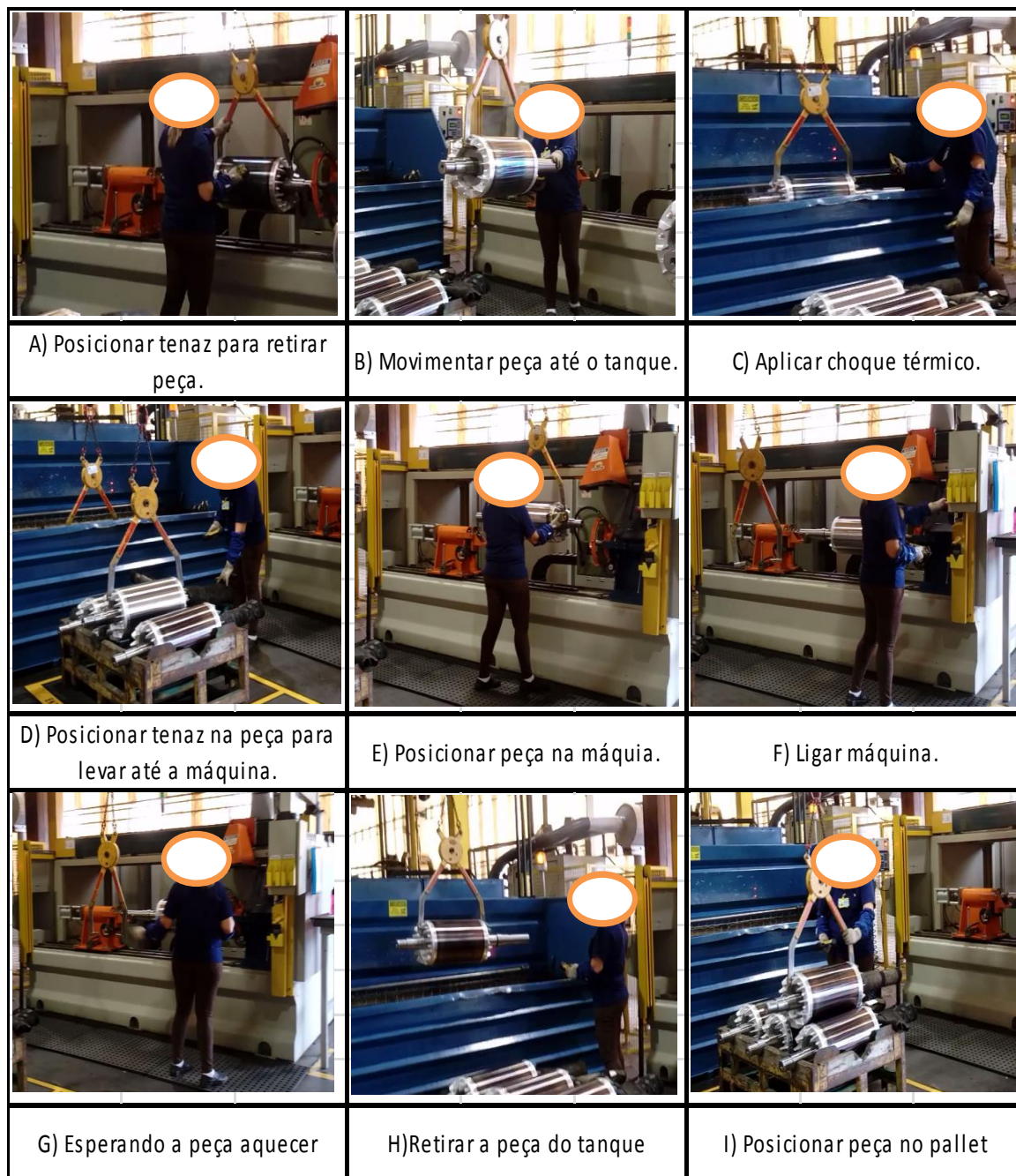
#### 4.4 Observação do posto de trabalho

Na presente pesquisa foi realizado o acompanhamento do processo nos postos de trabalho A e C e registrado com filmagens conforme Slack, Jones, Johnston (2018) e Barnes (1977), consideram que observar o método atual é um passo importante para se definir uma proposta.

Para uma melhor compreensão e visualização dos elementos observados a Figura 10, representa os principais elementos do processo atual dos postos de

trabalho A e C.

Figura 10 - Imagens do ciclo atual



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

No processo atual, não há uma definição de método de produção, sendo assim, ocasionando uma diferença entre o 1º e 2º turno. Outro problema encontrado pela falta de um documento definindo o método para o treinamento de novos colaboradores. Os elementos que compõem o método atual podem ser observados no Quadro 3.

Quadro 3 - Processo atual

Nº	Elementos do ciclo
1	Posicionar a peça na máquina
2	Retirar tenaz da peça e afastar
3	Ligar máquina
4	Avançar indutor para iniciar ciclo
5	Rotor completo sendo aquecido
6	Recuar indutor para posição inicial
7	Posicionar peça com a chaveta para cima
8	Mediar temperatura
9	Pegar o controle da talha B e aproximar tenaz para retirar a peça
10	Posicionar tenaz na peça
11	Retirar a peça da máquina e levar ai tanque
12	Aplicar o choque térmico na peça
13	Pegar o controle da talha A e movimentar a peça até a máquina

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Conforme representado no Quadro 3, podemos analisar todas as atividades que o operador realiza durante o processo. Nos elementos número 4, 5 e 6 destacados no Quadro 3, são referentes à operação de aquecimento por indução térmica.

O principal problema encontrado no método atual é justamente no período destacado no Quadro 3. O operador fica parado esperando o ciclo de aquecimento terminar para dar prosseguimento ao resto das atividades, neste momento de espera, ele poderia realizar algumas atividades em simultâneo para adiantar o ciclo.

#### 4.4.1 Padronização da Operação

De acordo com Barnes (1977) e Slack, Jones e Johnston (2018), a padronização do método de produção, compreende o planejamento e a definição do método de trabalho logo após a observação e levantamento dos problemas encontrados no método atual.

Feito o levantamento dos elementos e problemas do processo atual, foi realizada uma análise para se elaborar um novo método conforme apresentado no Quadro 4, visando um melhor aproveitamento da ociosidade dos operadores.

Quadro 4 - Processo proposto

Nº	Elementos do ciclo	
1	Posicionar a peça na máquina	-
2	Retirar tenaz da peça e afastar	-
3	Ligar máquina	-
4	Avançar indutor para iniciar ciclo	Máquina trabalhando: Ciclo de aquecimento da peça
	Rotor completo sendo aquecido	
	Recuar indutor para posição inicial	
4.1	Pegar controle da talha A e posicionar na peça do estoque	Atividades realizadas em simultâneo ao ciclo de aquecimento da peça
4.2	Posicionar peça no local de espera para o próximo ciclo	
4.3	Retirar a peça do tanque	
4.4	Posicionar peça no pallet	
4.5	Posicionar talha B próximo a máquina para a retirada da peça	
5	Posicionar peça com a chaveta para cima	-
6	Mediar temperatura	-
7	Pegar o controle da talha B e aproximar tenaz para retirar a peça	-
8	Posicionar tenaz na peça	-
9	Retirar a peça da máquina e levar ao tanque	-
10	Aplicar o choque térmico na peça	-
11	Pegar o controle da talha A e movimentar a peça até a máquina	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Feita a análise dos elementos do ciclo, foi elaborada a proposta conforme apresentada no Quadro 4. Para realizar a validação e implementação do novo método, conforme Slack, Jones e Johnston (2018), sugerem que o envolvimento da fábrica é essencial. Feita a validação do método com os responsáveis pelos treinamentos, os operadores foram devidamente treinados e acompanhados na fase de implantação, e foi elaborado um documento para auxiliar os facilitadores no treinamento de novos operadores. O documento pode ser visualizado no **ANEXO A**.

A principal mudança consiste em realizar as atividades destacadas em amarela no Quadro 4, em simultâneo ao ciclo de aquecimento da peça. Esta mudança na ordem em que o operador executa as atividades de movimentação da peça, representam uma redução do tempo médio do ciclo dos postos de trabalho A e C que vão de 3,17 min para 2,73, uma redução de 16%. Esta mudança adianta o abastecimento e descarga da máquina, tendo um melhor aproveitamento da mão de obra.

Para verificar se era possível realizar as atividades em simultâneo ao ciclo de aquecimento foi verificado os tempos das atividades conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Validação das atividades de movimentação em simultâneo

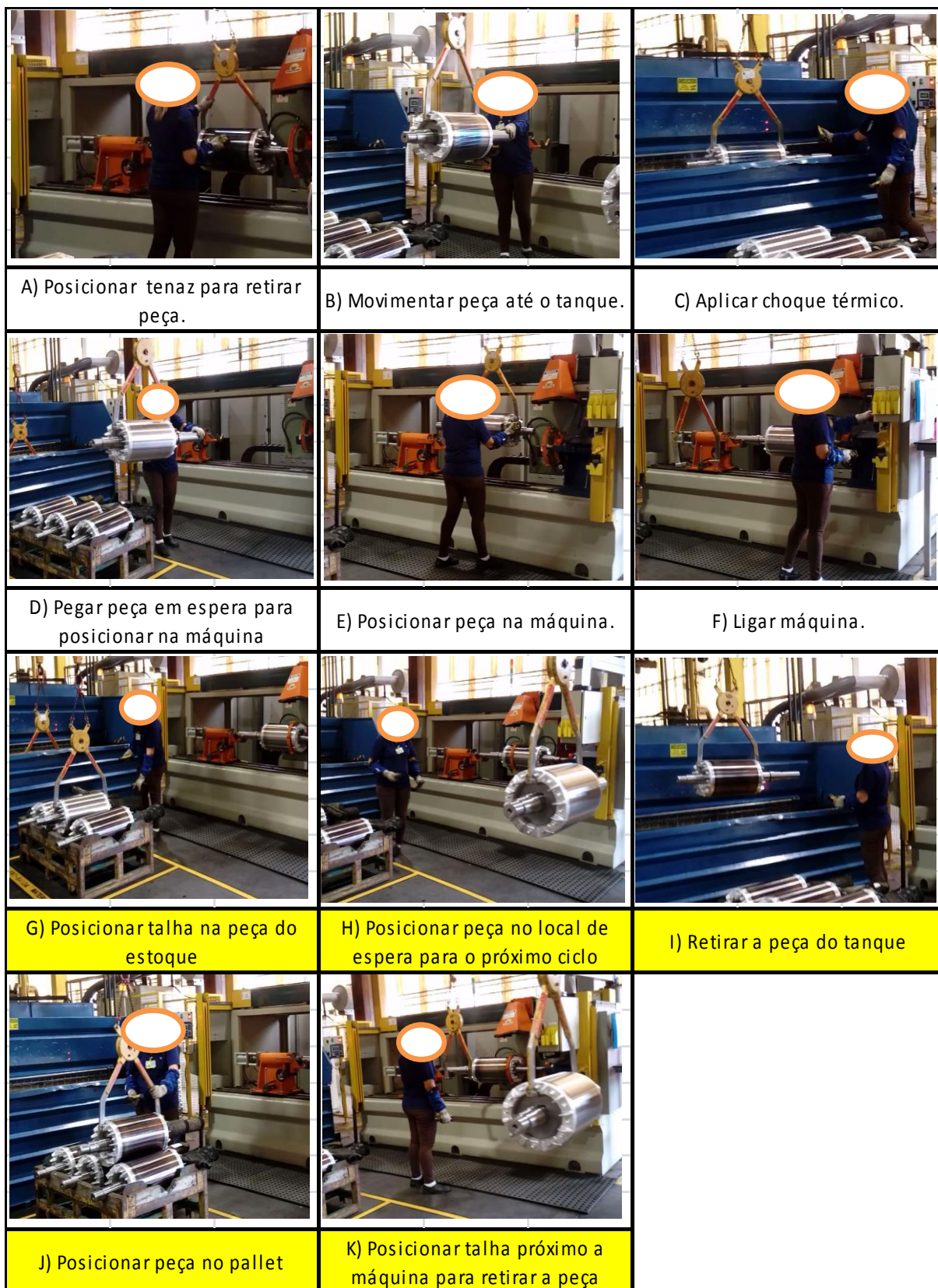
Atividades	Elementos	Tempo médio	Total
Máquina trabalhando	Avançar indutor para iniciar ciclo	0,095	1,297
	Rotor completo sendo aquecido	1,098	
	Recuar indutor para posição inicial	0,104	
Atividades realizadas em paralelo	Pegar controle da talha A e posicionar na peça do estoque	0,280	1,006
	Posicionar peça no local de espera para o próximo ciclo	0,254	
	Retirar a peça do tanque	0,175	
	Posicionar peça no pallet	0,221	
	Posicionar talha B próximo a máquina para a retirada da peça	0,077	

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

No Tabela 3 podemos ver que o tempo total médio das atividades relacionadas a máquina trabalhando é de 1,297 minutos e tempo total médio das atividades realizadas em simultâneo é de 1,006 minutos. Isto comprova que é possível manter como padrão, que o operador deve realizar estas tarefas de acordo com a nova metodologia da sequência de movimentação para se obter um melhor aproveitamento da mão de obra.

Na Figura 11, pode-se observar o quadro de imagens destacando os principais elementos de movimentação do método proposto.

Figura 11 - Imagens do ciclo proposto



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A presente Figura 11 representa os principais elementos do ciclo proposto dos postos de trabalho A e C. Os quadros (G, H, I, J e K) destacados em amarelo, são as movimentações analisadas que poderiam ser feitas em simultâneo a outra tarefa do ciclo.

#### 4.5 Cronometragem

Após a definição do método e divisão completa das atividades em elementos, é necessária a tomada de tempos preliminares, com o operador já treinado e trabalhando em ritmo normal.

Inicialmente foram realizadas 5 cronometragens para cada família de materiais em diferentes períodos de jornada de trabalho e nos postos de trabalho A e C. Uma das cronometragens pode ser visualizada no **ANEXO B**. Estas coletas de tempos foram realizadas para todas as famílias de materiais no processo de choque térmico. Para exemplificar um dos resultados com as cronometragens da família Ø 280, a Tabela 4 demonstra os tempos obtidos.

Tabela 4 - Processo proposto

Pré-cronometragens (minutos e centésimos de minutos)	
Família Ø 280	Tempos
Cronometragem C1	2,54
Cronometragem C2	2,86
Cronometragem C3	2,62
Cronometragem C4	2,72
Cronometragem C5	3,09
Total	2,77
Média	2,69

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Segundo Martins e Laugeni (2005), com a pré-cronometragem é importante para se determinar a quantidade de tomadas de tempos que se é necessária para se obter um grau de confiabilidade de entre 90% e 95%, e um erro aproximado de 5%. Apresentado na Tabela 1, para se obter um grau de confiança de 95%, tem-se  $z = 1,96$ . E de acordo com a Tabela 2, utilizando 5 cronometragens é adotado um

coeficiente de  $d_2 = 2,326$ , e um erro relativo igual à  $E_r = 0,05$ . E a amplitude,  $R = C1 - C5$ , ou seja,  $R = 2,54 - 3,09 = 0,55$ . Definidos os dados, pode-se aplicá-los na Equação 1:

$$n = \left( \frac{1,96 \times 0,55}{0,05 \times 2,326 \times 2,69} \right)^2 = 11,873 \cong 12 \quad (1)$$

Com o número base de cronometragens definidas para uma família de material,  $n = 12$ , é necessário que sejam feitas 12 cronometragens para esta Família Ø 280. Foi adotado o mesmo número de cronometragens adicionais para as demais famílias de materiais que passam pelos postos de trabalho A e C.

Conforme apresentado na Tabela 5, foram realizadas as devidas cronometragens e definidos os tempos médios para cada família.

Tabela 5 - Tempos médios

<b>Tempo médio de fabricação</b>	
Tempos (min e centésimos de min)	
Família Ø 206	1,70
Família Ø 220	1,93
Família Ø 240	2,29
Família Ø 260	2,08
Família Ø 280	2,69
Família Ø 320	2,98
Família Ø 350	3,84
Família Ø 395	4,36
<b>Média</b>	<b>2,73</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Representado na Tabela 5, a média dos tempos coletados conforme quantidade de cronometragens sugeridas na Equação 1.

#### 4.5.1 Avaliação da velocidade do operador

Segundo Martins, Laugeni (2005) e Barnes (1977) descrevem que se deve utilizar um fator de ritmo de 100%, como base para comparação entre diferentes



operadores e com a média das cronometragens realizadas. Com a utilização da Equação 2 foi calculado o tempo normal utilizando os dados do Tabela 5.

$$TN = TC \times V = 1,70 \times 100\% = 1,70 \text{ minutos} \quad (2)$$

$$TN = TC \times V = 1,93 \times 100\% = 1,93 \text{ minutos}$$

$$TN = TC \times V = 2,29 \times 100\% = 2,29 \text{ minutos}$$

$$TN = TC \times V = 2,08 \times 100\% = 2,08 \text{ minutos}$$

$$TN = TC \times V = 2,69 \times 100\% = 2,69 \text{ minutos}$$

$$TN = TC \times V = 2,98 \times 100\% = 2,98 \text{ minutos}$$

$$TN = TC \times V = 3,84 \times 100\% = 3,84 \text{ minutos}$$

$$TN = TC \times V = 4,36 \times 100\% = 4,36 \text{ minutos}$$

#### 4.5.2 Determinação das fadigas

Para se calcular o tempo padrão é necessário acrescentar o fator de tolerância (FT), segundo Martins e Laugeni (2005) e Contador (2010). Levando em consideração estudo de caso, o local fornece um nível de fadiga intermediário, devido à jornada de trabalho ser de 8,48 horas, o operador trabalhar o dia todo de pé e a operação de aquecimento do rotor aumentar a temperatura no posto de trabalho. O (FT) adotado para estas condições de trabalho no chão de fábrica foi a de 1,20 ou 20% para os tempos de ciclo cronometrados.

#### 4.5.3 Determinação do tempo padrão

Concluída as atividades de padronização do método, cronometragem, determinação do ritmo ideal de trabalho e o fator de tolerância que será aplicado nos tempos, segundo Martins, Laugeni (2005) e Barnes (1977), foram concluídas as etapas para se determinar o tempo padrão.

Conforme estabelecido o valor de (FT), a Equação 3, determina o tempo padrão (TP).

$$TP = TN \times FT = 1,70 \times 1,20 = 2,04 \text{ minutos} \quad (3)$$

Este é tempo estabelecido para o processamento do material rotor completo que pertence a Família Ø206, com isto pode-se aplicar este fato para os demais tempos conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Tempos padrão

<b>Tempo padrão</b>			
<b>Família</b>	<b>Tempo</b>	<b>(FT)</b>	<b>(TP)</b>
Família Ø 206	1,70	20%	2,04
Família Ø 220	1,93	20%	2,31
Família Ø 240	2,29	20%	2,75
Família Ø 260	2,08	20%	2,50
Família Ø 280	2,69	20%	3,23
Família Ø 320	2,98	20%	3,57
Família Ø 350	3,84	20%	4,61
Família Ø 395	4,36	20%	5,24
<b>Média</b>	<b>2,73</b>	<b>20%</b>	<b>3,28</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

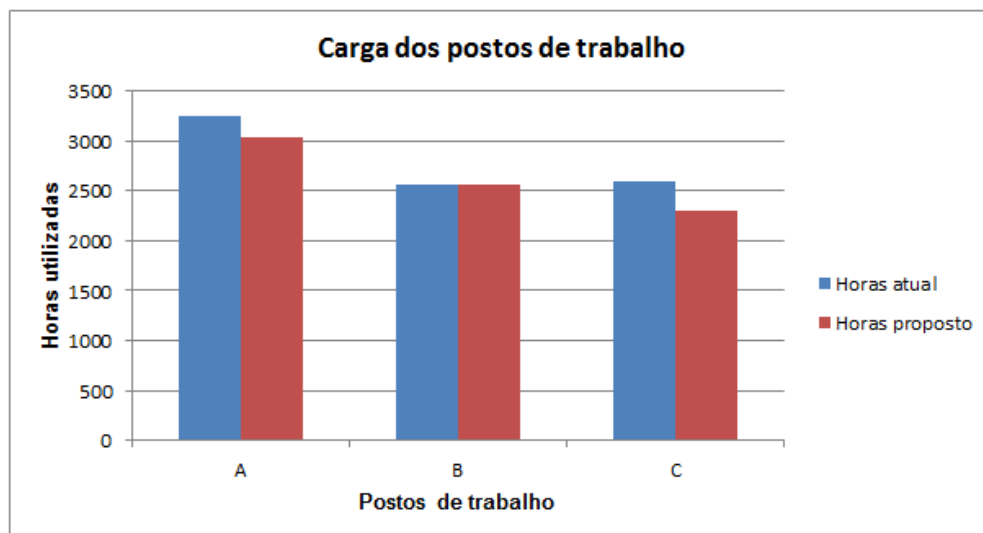
#### 4.6 Estratificação dos dados no sistema

Com os tempos determinado para os materiais, foi iniciada a etapa de atualizar os tempos no sistema da empresa que concentra todas as informações dos roteiros de produção. Para realizar esta tarefa foi necessário fazer o levantamento de todos os materiais existentes dos postos de trabalho A, B e C.

O total de materiais levantados foram 22213, sendo 9528 no posto A, 4318 no posto B e 8367 no posto C. Para direcionar os tempos atualizados aos materiais, também foi necessária a estratificação de algumas características do produto disponíveis no sistema como diâmetro externo do rotor, carcaça e peso do material.

Foram atualizados somente os tempos dos materiais que pertencem aos postos A e C, totalizando 17895 atualizações. Para os materiais do posto B, não foi necessária a atualização, pois já estava com os tempos devidamente corrigidos. A Figura 12 representa a quantidade de horas utilizadas de uma demanda de um ano de produção.

Figura 12 - Redução das horas utilizadas



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A representação da Figura 12, demonstra uma projeção da redução de horas utilizadas na demanda de um ano de produção nos postos de trabalho A e C, devido a atribuição dos novos tempos de processamento aos materiais. O resumo dos resultados das reduções pode ser visualizado no Tabela 7.

Tabela 7 - Redução das horas utilizadas

Posto de trabalho	Horas utilizadas por ano		Redução	%
	Atual	Proposto		
<b>A</b>	3253,74	3029,13	224,61	7,4%
<b>B</b>	2567,96	2567,96	0,00	0,0%
<b>C</b>	2594,99	2294,95	300,03	13,1%

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Conforme apresentado na Tabela 7, as atualizações realizadas representarão uma redução 20,5% no total de horas utilizadas dos postos de trabalho.

#### 4.6.1 Determinação das famílias de produtos

Conforme apresentado por Noernberg (2018), a definição de carcaça para os materiais é determinada pela distancia entre o centro da ponta do eixo até a base do

motor. Esta característica carcaça nem sempre pode ser uma referência para se determinar o diâmetro do componente rotor completo, devido as diferentes formas e alturas dos pés de fixação das carcaças. As variações de diâmetros dos rotores em relação as diferentes carcaças podem ser visualizadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Variação de diâmetros por carcaça

Carcaça	Diâmetro do Rotor Completo (mm)											
	206	220	240	260	280							
<b>225</b>	206	220	240	260	280							
<b>250</b>		220		260	280							
<b>280</b>					280	320	350	395				
<b>315</b>					280	320	350	395				
<b>355</b>						320	350	395	420	450		
<b>400</b>								395		450	480	500
<b>450</b>								395		450	480	500

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Conforme apresentado na Tabela 8, percebe-se que para algumas carcaças os valores de diâmetro do rotor completo se repetem para outras carcaças. Este problema dos valores dos diâmetros iguais para diferentes tipos de carcaças geram um problema na distribuição dos materiais nos postos de trabalho A, B e C. A atual a distribuição dos materiais para cada posto de trabalho é definida pela característica carcaça conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 - Distribuição dos materiais por posto de trabalho

Posto de trabalho	Carcaça		
	225	250	
<b>A</b>	225	250	
<b>B</b>	355	400	450
<b>C</b>	280	315	

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Esta definição de distribuição conforme apresentado na Tabela 9, aloca os materiais de carcaça menores no posto A, os intermediários no posto C e os maiores no posto B. Com a variação de carcaças para o mesmo valor de diâmetro, ocasionando a programação errada dos materiais para os postos de trabalho, gerando um desequilíbrio das cargas, onde o posto A acaba tendo mais horas de trabalho programada em relação aos outros.

A proposta é realizar a definição das famílias de produtos pelo diâmetro externo do rotor completo conforme apresentado na Tabela 10, não levando em consideração a carcaça do material.

Tabela 10 - Definição das famílias de produtos

Posto de trabalho	Diâmetro do Rotor Completo (mm)				
	206	220	240	260	280
<b>A</b>	206	220	240	260	280
<b>B</b>	420	450	480	500	
<b>C</b>	320	350	395		

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A nova definição das famílias apresentada na Tabela 10 elimina problema ao programar os materiais e padroniza os diâmetros por posto de trabalho. Está proposto das famílias foi realizado também com o intuito de uma nova redistribuição dos materiais para um balanceamento de carga entre os três postos que será tratado no capítulo 4.4.1 Balanceamento de carga.

#### 4.6.2 Balanceamento de carga

De acordo Slack, Jones e Johnston (2018) e Antunes (2008) uma forma de melhorar a utilização dos sistemas produtivos é realizando uma análise da capacidade e demanda e realizar um balanceamento de carga. Com a atualização dos tempos e a definição das famílias de produtos, foi realizada uma redistribuição dos materiais entre os postos de trabalho. Podemos observar as alterações propostas na ocupação dos postos de trabalho na Tabela 11.

Tabela 11 - Taxa de ocupação

Posto de trabalho	Taxa de ocupação								
	Atual			Etapa 1			Etapa 2		
	Total de operadores	Turnos	Ocupação	Total de operadores	Turnos	Ocupação	Total de operadores	Turnos	Ocupação
<b>A</b>	2	2	84,4%	2	2	77,0%	2	2	88,0%
<b>B</b>	2	2	66,7%	2	2	66,7%	2	2	25,7%
<b>C</b>	2	2	67,4%	2	2	54,3%	2	2	84,3%

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Conforme apresentado na Tabela 11, pode-se observar a representação de algumas etapas que foram realizadas no decorrer do estudo. O quadro Atual representa a quantidade de operadores, turnos de trabalho e a ocupação de cada posto antes da atualização dos tempos e redistribuição dos materiais. Na Etapa 1, estão destacadas em amarelo duas células que representam a redução da ocupação devido a atualização dos tempos nos postos de trabalho A e C. Na Etapa 2, as células destacadas em amarela, são referentes à redistribuição dos materiais devido a nova definição das famílias de produtos.

Com a baixa ocupação no posto de trabalho B gerada pela redistribuição dos materiais, foi realizada a Etapa 3 do balanceamento de carga conforme apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 - Taxa de ocupação redução de turno

Taxa de ocupação												
Posto de trabalho	Atual			Etapa 1			Etapa 2			Etapa 3		
	Total operadores	Turnos	Ocupação	Total de operadores	Turnos	Ocupação	Total de operadores	Turnos	Ocupação	Total de operadores	Turnos	Ocupação
A	2	2	84,4%	2	2	77,0%	2	2	88,0%	2	2	88,0%
B	2	2	66,7%	2	2	66,7%	2	2	25,7%	1	1	51,4%
C	2	2	67,4%	2	2	54,3%	2	2	84,3%	2	2	84,3%

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Conforme apresentado na Tabela 12, na Etapa 2 pode-se observar que a ocupação de 25,7% do posto de trabalho B é proporcionado pela redistribuição dos materiais. Na Etapa 3, com a baixa ocupação do posto B, as células destacadas em amarelo representam a proposta de redução de um turno e um operador, deixando o posto com a ocupação de 51,4% de carga de trabalho programada.

Todas as alterações realizadas no presente estudo de caso representam algumas das afirmações que Antunes (2008) e Ramos (2000), que para a empresa para ser mais competitiva no mercado de trabalho, deve-se otimizar os seus recursos, um dos meios para se alcançar é melhorando a utilização dos seus recursos.

## 5 CONCLUSÃO

Os objetivos definidos neste trabalho foram alcançados, foi proposto um novo método de trabalho, com foco no melhor aproveitamento da mão de obra, definição dos tempos de processo, agrupamento de materiais por suas características criando novas famílias de produtos para conseguir realizar o balanceamento de carga.

Com relação aos problemas descritos no tópico Introdução que muitas operações realizadas dentro das empresas sofrem alterações frequentemente, mudanças no tempo de processamento dos materiais, variação da taxa de produção ou demanda ocasionando o desbalanceamento de carga, este foi resolvido com o auxílio das ferramentas da gestão da produção, sendo aplicadas as técnicas de tempos de métodos e o balanceamento de carga como um meio de aprimoramento da carga de trabalho, este estudo está relacionado diretamente com a seguinte pergunta de partida: Como este estudo de tempos e métodos pode ajudar nos tempos de processo e equilibrar as cargas de trabalho nos postos de trabalho?

Respondendo ao primeiro objetivo específico: determinar o método de trabalho. Este foi resolvido após uma análise do método atual, identificando e padronizando quais elementos do ciclo poderiam ser realizados em simultâneo ao tempo de aquecimento do rotor completo resultando em uma redução de 16% no tempo médio de produção dos materiais. Também a alteração do método foi registrada para facilitar auxiliar no treinamento de novos colaboradores, evitando que se perda o padrão adotado para sequencia dos elementos do ciclo de produção.

Continuando com os termos específicos, o segundo objetivo: atualizar os tempos de processo registrando os elementos, ritmo e fadigas para se obter o tempo padrão. Para atender este quesito foi de grande utilidade a determinação do método de produção. Com o método padronizado as atividades foram divididas em elementos, facilitando a cronoanálise dos materiais e por fim, foi aplicado o fator de ritmo de trabalho e fadiga para determinar o tempo padrão.

Finalizando os termos específicos, o terceiro objetivo: identificar e criar as famílias de produtos para o agrupamento dos materiais por suas características para melhorar a distribuição. A resolução deste objetivo que foi padronizar as famílias de produtos pelo diâmetro externo do componente rotor completo, solucionou o problema da programação dos materiais nos postos de trabalho e contribuiu facilitando a redistribuição dos materiais para atender o objetivo geral do estudo de

caso.

Respondendo ao objetivo geral: Realizar o balanceamento de carga em um processo de produção.

O balanceamento de carga foi realizado em duas etapas, na primeira foi possível aumentar a ocupação nos postos A e C, deixando o posto B somente com 25,7% de ocupação em dois turnos, na segunda etapa, foi analisado que a baixa ocupação do posto de trabalho B, possibilitou a redução de um turno de trabalho deixando com uma ocupação de 51,4%. O balanceamento proporcionou um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, mesmo que houver um aumento na demanda, não haverá a necessidade da empresa se capacitar com mais postos de trabalho, só bastara reabrir o turno de trabalho do posto B para suprir a necessidade.

Algumas dificuldade encontradas para a realização deste estudo de caso foi a quantidade de informações coletadas para se obter dados confiáveis, a colaboração dos operadores e facilitadores para aderir e acreditar que a implementação do novo método de produção traria benefícios, o tempo que demandou para realizar a estratificação dos dados e implantação no sistema.

Por meio deste estudo, é possível que através da melhoria contínua ocorra uma melhoria do processo com um nível satisfatório, podendo aumentar a demanda e a capacidade produtiva, reduzir os erros do método de processo, melhorar a utilização da mão de obra e do recurso disponível. As melhorias relacionadas ao processo em questão proporcionam a redução no custo industrial dos motores que utilizam o componente rotor completo, deixando a empresa mais competitiva no mercado para atender as necessidades dos clientes.

### **5.1 Sugestões para trabalhos futuros**

Como sugestão de trabalho futuro, indica-se:

- Parametrização dos parâmetros de aquecimento, com o intuito de reduzir o tempo de ciclo dos materiais.
- Estudo do fluxo dos materiais para realizar o sequenciamento visando reduzir os tempos de preparação.
- Estudo para redução da temperatura de aquecimento dos rotores visando redução de consumo de energia e tempo de aquecimento.



## REFERÊNCIAS

- ANTUNES, Junico et al. **Sistema de produção**: Conceito e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008. 324 p.
- BARNES, Ralph Mosser. **Estudo de movimentos e de tempos**: Projeto e medida do trabalho. 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1977. 635 p.
- CONTADOR, José Celso et al. **Gestão De Operações**: A engenharia de produção a serviço da modernização da empresa. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 543 p.
- FERREIRA, Carlos Raimundo Frick. **Influência do Choque Térmico nos Parâmetros de Solidificação dos Metais Puros**. 2008. 177 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Universidade, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Cap. 4. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/15029>>. Acesso em: 23 maio 2019.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Maria de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**: método científico. 8. ed. São Paulo: Editora Atlas Ltda, 2019. 346 p.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Maria de Andrade. **Técnicas de pesquisa**: planejamento e execução de pesquisa. 8. ed. São Paulo: Editora Atlas Ltda, 2018. 312 p.
- MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005. 562 p.
- MILNITZ, Diego. **Tempos e Métodos Aplicados à Produção**: Administração da produção. Indaial: Uniasselvi, 2018. 199 p. Diego Milnitz.
- MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 624 p.
- NOERNBERG, Thiago Koslowski de Lara. **Estudo de tempos e métodos: um exemplo de balanceamento em uma linha de montagem de motores elétricos**: estudo de tempos e métodos. 2018. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Fabricação Mecânica, Instituto Federal de Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau, Jaraguá do Sul, 2018. Cap. 3.
- PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção**: Operações industriais e de serviços. Curitiba: Unicamp, 2007. 750 p.
- RAMOS, Alberto Wunderler. **CEP para processos contínuos e em bateladas**: controle de processos. 3. ed. São Paulo: Editora Edgard Blugher Ltda, 2000. 130 p.
- RUIZ, João Álvaro. **Metodologia científica**: método científico. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas S.a., 2014. 180 p.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 703 p.

WEG, **Catálogo técnico mercado brasileiro**. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-w22-motor-trifasico-tecnico-mercado-brasil-50023622-catalogo-portugues-br.pdf>. Acesso em 11 outubro de 2019.



