

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

ALEXANDRE LUCIANO SCHMITT

**AVALIAÇÃO DA OPERAÇÃO GARGALO EM UMA LINHA DE
MONTAGEM DE MOTORES ELÉTRICOS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2020

ALEXANDRE LUCIANO SCHMITT

**AVALIAÇÃO DA OPERAÇÃO GARGALO EM UMA LINHA DE
MONTAGEM DE MOTORES ELÉTRICOS**

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

Orientador: Msc. Wanderson Stael Paris

CURITIBA

2020

TERMO DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DA OPERAÇÃO GARGALO EM UMA LINHA DE MONTAGEM DE MOTORES ELÉTRICOS

Esta monografia foi apresentada no dia 31 de outubro de 2020, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia da Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato Alexandre Luciano Schmitt apresentou o trabalho para a Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após a deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Msc. Wanderson Stael Paris
Orientador

Msc. Sérgio Zagonel
Banca

Dra. Luciana Vieira de Lima
Banca

Msc. Egon Bianchini Calderari
Banca

Visto da coordenação:

Dr. Paulo Daniel Batista de Sousa

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

Aos meus pais e a minha esposa, que me apoiam e incentivam a ser uma
pessoa melhor a cada dia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Renato Luiz Schmitt e Iris Solange Becker Schmitt, que jamais mediram esforços para auxiliar na realização dos meus sonhos, e sempre me incentivaram a estudar e aprender mais, incentivo esse que levo comigo no decorrer da minha vida.

À minha esposa Natalia Losso Nuernberg, pelo apoio e motivação na tarefa de escrever esse trabalho, e pela compreensão nos momentos de ausência ao longo do curso.

A todos os professores da UTFPR, pelo comprometimento em ensinar e que se mostraram sempre dispostos a trazer o máximo de informação até nós.

Agradeço também à empresa WEG, pela oportunidade de me capacitar e sempre me dispor oportunidades de evoluir profissionalmente.

Aos meus gestores Sovenir Tomasi e Alvaro Rodrigues de Carvalho Filho, por terem acreditado no meu potencial e me confiarem à oportunidade de realizar esse curso de especialização.

E finalmente aos meus colegas de aula pela parceria na realização dos trabalhos, e companheirismo no decorrer dos dois anos de curso.

Muito obrigado!

“Ninguém que se entusiasme com seu trabalho
tem algo a temer na vida”.

(Samuel Wodoyn)

RESUMO

SCHMITT, Alexandre Luciano. **Avaliação da operação gargalo em uma linha de montagem de motores elétricos**. 2020. 43 f. Monografia. (Especialização em Engenharia da Produção) – Departamento de Gestão e Economia - DAGEE, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2020.

Processos produtivos bem estruturados são fundamentais para o bom desempenho de uma empresa de manufatura, e a identificação e eliminação de perdas deve ser contínua. Essa premissa vale para todas as áreas do setor produtivos, inclusive as indiretas, como é o caso de cabines de teste que fazem parte das linhas de produção para averiguação da conformidade da qualidade. O presente trabalho tem como objetivo a avaliação da atividade “testar motor”, atividade essa que foi identificada como gargalo no processo produtivo de motores elétricos de indução. Para realizar o trabalho foi avaliado o mix de produtos, sendo identificados os principais produtos produzidos em diferentes turnos de trabalho. A busca de alternativas para reduzir o tempo da atividade de testar motor foi através de cronoanálise e pesquisa-ação, utilizando o conhecimento técnico e experiência das demais áreas envolvidas (produção, qualidade e metrologia). Foram avaliadas as atividades desempenhadas pelo testador, alternativas de troca da fonte de alimentação dos motores por um modelo mais moderno, instalação de estação dupla de teste e realização da operação que demanda mais tempo um posto antes da cabine de teste. Identificou-se uma despadronização na realização das atividades, principalmente entre turnos de trabalho, onde foi proposto um procedimento padrão para a atividade. Também percebeu-se que a alternativa de fazer a ligação do motor antes do teste era mais eficaz na redução do tempo total. Apesar da necessidade de criação de mais um posto de trabalho na linha de produção, a alternativa permitiu aumentar o mix de produtos produzidos na linha.

Palavras-chave: Cronoanálise. Pesquisa-ação. Teste de motor.

ABSTRACT

SCHMITT, Alexandre Luciano. **Evaluation of bottleneck operation on an electric motor assembly line**. 2015. 43 f. Monografia. (Especialização em Engenharia da Produção) – Departamento de Gestão e Economia - DAGEE, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

Well-structured production processes are fundamental to the good performance of a manufacturing company, and the identification and elimination of losses must be continuous. This premise is valid for all areas of the productive sector, including indirect ones, as is the case with test booths that are part of the production lines to ascertain quality conformity. The present work aims to evaluate the motor testing activity, an activity that is a bottleneck in the production process of electric induction motors. In order to carry out the work, the product mix was evaluated, and the main products produced in different work shifts were identified. The search for alternatives to reduce the time to test the engine was through chronoanalysis and action research, applying the utilizing technical knowledge and experience from the other areas involved (production, quality and metrology). The activities performed by the tester, alternatives for changing the power supply of the engines for a more modern model, installation of a double test station and carrying out the operation that requires more time one post before the test cabin were evaluated. A non-standardization of activities was identified, mainly between work shifts, where a standard procedure for the activity was proposed. It was also noticed that the alternative of starting the engine before the test was more effective in reducing the total time. Despite the need to create one more job in the production line, the alternative allowed to increase the mix of products produced in the line.

Keywords: Chronoanalysis. Action research. Motor testing.

LISTRA DE FIGURAS

Figura 1: Linha de produção para produtos seriados ou múltiplos	17
Figura 2: Plano de amostragem das filmagens	27
Figura 3: Cabine de testes	28
Figura 4: Layout da Fábrica I	29
Figura 5: <i>Layout</i> da Linha de Montagem I	30
Figura 6: Produção da Linha de Montagem I	31
Figura 7: Mix de produção da Linha I - por fases	31
Figura 8: Mix de produção da Linha I - por quantidade de cabos	31
Figura 9: Mix de produção da Linha I - por tamanho de carcaça	32
Figura 10: Balanceamento da Linha de Montagem I	32
Figura 11: Diferença na primeira peça para as demais	33
Figura 12: Detalhamento do tempo de cada atividade durante o <i>setup</i>	33
Figura 13: Diferença em função da quantidade de cabos	34
Figura 14: Variação de tempo no setup e teste	34
Figura 15: Detalhamento do procedimento padrão	35
Figura 16: Comparativo do tempo de setup após a padronização	36
Figura 17: Croqui da estação dupla de teste	37
Figura 18: Relação de defeitos identificados	37
Figura 19: Comparativo entre fontes de alimentação	38
Figura 20: Redução do tempo de conectar cabos	39
Figura 21: Tempo de conectar cabos antes da modificação	39
Figura 22: Novo balanceamento da Linha I	40

LISTRA DE TABELAS

Tabela 1: Exemplo de elementos de uma operação	23
Tabela 2: Relação de testes	30

LISTRA DE SIGLAS, ABREVIACOES E SÍMBOLOS

CTM	Cabine de Teste de Motores
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> (Comissão Eletrotécnica Internacional)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. TEMA DA PESQUISA.....	13
1.2. PROBLEMA DA PESQUISA.....	13
1.3. OBJETIVO GERAL.....	13
1.4. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	14
1.5. JUSTIFICATIVA.....	14
1.6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	14
1.7. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1. BALANCEAMENTO DE LINHA.....	16
2.1.1. Definição.....	16
2.1.2. Principais conceitos.....	16
2.1.3. Principais termos e indicadores de arranjos de linha.....	18
2.1.4. Desperdícios na linha de produção.....	18
2.1.5. Procedimentos básicos para balancear a linha.....	19
2.2. TRABALHO PADRONIZADO (STANDARD WORK).....	20
2.2.1. Definições e objetivos.....	20
2.2.2. Principais vantagens.....	21
2.2.3. Etapas para implementação.....	21
2.3. CRONOANÁLISE.....	22
2.3.1. Principais passos para uma cronoanálise.....	23
2.3.2. Métodos para cronoanálise.....	24
3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	25
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	25
3.1.1. Principais características da pesquisa-ação.....	25
3.1.2. Principais fases.....	26
3.1.3. Objeções em relação à pesquisa tradicional.....	27
3.2. TÉCNICA DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS.....	27
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	29
4.1. O DEPARTAMENTO DE FABRICAÇÃO I.....	29
4.2. LINHA DE MONTAGEM I.....	30
4.2.1. Mix de produtos da Linha I.....	31

4.2.2. Balanceamento da Linha I.....	32
4.3. PROBLEMAS IDENTIFICADOS.....	33
4.4. PROPOSTA DE MELHORIA.....	35
4.4.1. Reduzir e padronizar <i>setup</i>	35
4.4.2. Reduzir tempo de teste em motores 12 cabos.....	36
4.4.3 Implantar 2 estações de trabalho.....	36
4.4.4 Utilizar fonte de alimentação eletrônica.....	38
4.4.5 Fazer ligação dos motores 12 cabos antes da cabine.....	38
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
REFERÊNCIAS.....	42

1. INTRODUÇÃO

Nos mercados globalizados que as manufaturas atuam, a busca por menores custos de produção e maior produtividade são constantes e fundamentais para manter a competitividade da empresa.

Essa busca por maior competitividade e redução de desperdícios sempre encontra etapa produtivas cabíveis de melhorias e mudanças, e não é possível aceitar e deixar de instigar as diferentes áreas que compõe um processo produtivo a melhorarem seus processos, ainda mais se esses impactam na produtividade de uma manufatura (ROMAN; PIANA; LOZANO; MELLO; ERDMANN, 2012).

1.1. TEMA DA PESQUISA

O tema abordado nessa pesquisa é o gerenciamento da produção em uma linha de montagem de motores elétricos.

1.2. PROBLEMA DA PESQUISA

Com a necessidade de aumentar a produtividade em uma linha de montagem, foi avaliado o balanceamento e identificado que o posto de trabalho gargalo nessa linha era a operação testar motor.

O trabalho foi proposto para analisar e encontrar soluções para aumentar a produtividade da linha de montagem de motores elétricos, com foco na redução de tempo da operação de testar motor.

1.3. OBJETIVO GERAL

Propor melhorias na atividade de testar motor para reduzir o tempo de ciclo de uma linha de montagem de motores elétricos.

1.4. OBJETIVO ESPECÍFICO

Avaliar o balanceamento de linha e realizar cronoanálise nas atividades desempenhadas na operação testar motor, para propor alternativas para reduzir o impacto dessa operação na produtividade da linha de montagem.

1.5. JUSTIFICATIVA

O posto identificado como gargalo na linha de montagem é responsável pelos testes e verificação da conformidade do produto, e pertence ao Departamento de Controle da Qualidade.

Sendo assim, esse departamento ficou responsável por desenvolver uma avaliação e proposta de melhorias para reduzir o impacto na produtividade da linha de montagem.

Como essa avaliação envolve diversos assuntos de gerenciamento de produção, viu-se a necessidade da realização desse trabalho acadêmico.

1.6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia de pesquisa empregada para solucionar o problema será a pesquisa-ação, a qual parte de um problema evidenciado na prática, no caso num processo produtivo, e, com base nos conhecimentos técnicos, experiência e avaliações de um grupo de trabalho, busca alternativas para reduzir ou amenizar o problema (TRIPP, 2005).

Será seguido um ciclo de melhoria contínua, no qual cada problema identificado é trabalhado, aplicado proposta de solução e posteriormente avaliado a eficácia ou não da solução proposta.

Primeiramente será feita uma pesquisa dos principais conceitos relacionados a balanceamento de linha e perdas devido a gargalos no processo produtivo. Com o entendimento dos conceitos de balanceamento de linha, será estudada e aplicada a ferramenta de cronoanálise para identificação dos pontos com mais desperdícios de tempo na atividade em questão.

1.7. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em cinco capítulos principais. No primeiro é feito uma contextualização e introdução em relação ao tema e objetivos a serem alcançados. No segundo

capítulo apresenta o referencial teórico, onde são descritos os principais conceitos relacionados ao tema de estudo. No terceiro capítulo é discutido sobre os procedimentos metodológicos da pesquisa. Já no quarto capítulo, são apresentados os problemas que ocorrem na linha de montagem a qual esse trabalho está relacionado, onde também são relatados as avaliações e raciocínios desenvolvidos. E no quinto capítulo são feitas as considerações finais e principais conclusões, após a finalização do trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Processos produtivos robustos e bem consolidados são extremamente importantes para manutenção dos bons resultados das empresas.

Toda intervenção que venha a ser feita nesses processos requer um prévio conhecimento técnico dos principais conceitos, das metodologias disponíveis e das ferramentas disponíveis para alcançar os objetivos.

2.1. BALANCEAMENTO DE LINHA

O balanceamento de linha é um tema bem consolidado no gerenciamento de produção tendo surgido nas primeiras linhas de produção da Ford (FERNANDES; DALALIO, 2000).

2.1.1. Definição

Balanceamento de linha é a distribuição das cargas de trabalho ao longo do fluxo produtivo, de modo a evitar gargalos e produção em excesso (KUMAR; MAHTO, 2013).

2.1.2. Principais conceitos

Os processos produtivos podem ser arranjados em quatro grupos principais: arranjo fixo, arranjo por processo, arranjo celular e arranjo em linha (PEINADO; GRAEML, 2007).

Segundo Sugunoshita e França (2017), no arranjo fixo, como o próprio nome diz, o produto em transformação permanece fixo, enquanto os recursos (máquinas, pessoas) se deslocam até o produto. No arranjo por processo ocorre um agrupamento de atividades similares, onde conforme a complexidade de cada produto, pode percorrer percursos diferentes (n processos). No arranjo celular, cada etapa é realizada em células de trabalho. Essas células podem ser organizadas em arranjos por processo ou linha. Já no arranjo em linha os recursos produtivos (máquinas, pessoas) são todos dispostos na melhor sequência do produto processado. A avaliação desse trabalho se dará em um arranjo em linha.

Segundo Kumar e Mahto (2013), o balanceamento de linha é o nivelamento da carga ao longo do fluxo de valor (processo produtivo), de modo a remover gargalos e excessos de capacidade. Em processos produtivos, a linha pode ser dedicada a um tipo específico de

produto, a uma gama maior de características, mas sem necessidade de *setup*, ou a uma variação de produto que exige diferentes *setups*. A figura 1 apresenta a variação dessas 3 características de linhas.

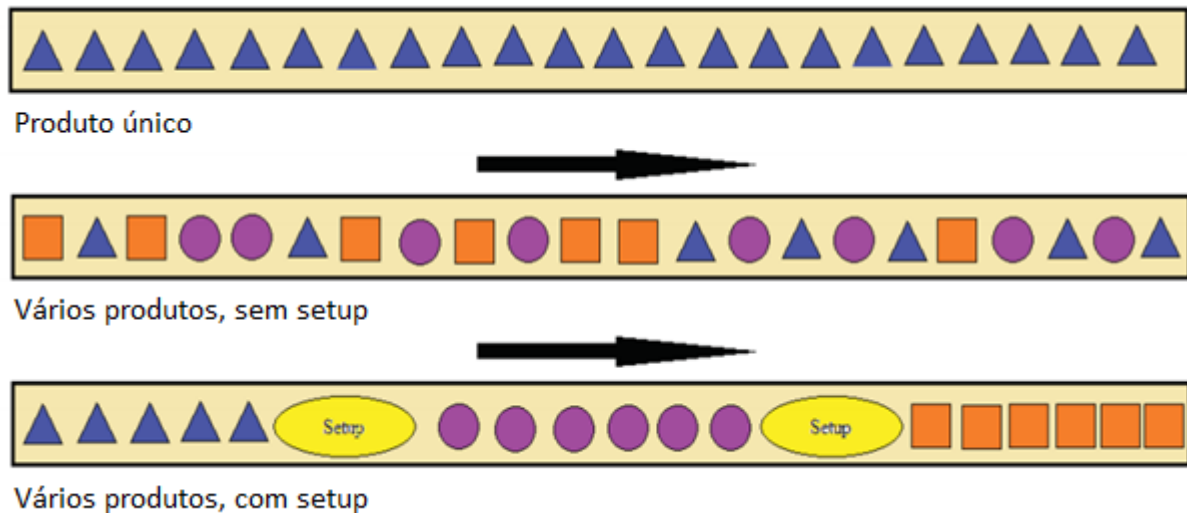


Figura 1: Linha de produção para produtos seriados ou múltiplos
 Fonte: Adaptado de Kumar e Mahto (2013, p30).

Assim como qualquer arranjo produtivo, a produção em linha apresenta algumas vantagens e desvantagens (PEINADO; GRAEML, 2007).

Principais vantagens:

- Grande capacidade produtiva para produção em massa, onde cada estação de trabalho é especializada em determinada atividade, contribuindo para produção em alto volume;
- Facilidade de balanceamento da produção, já que as cargas de máquinas e pessoas podem ser constantes ao longo do processo;
- Permite melhor controle da produtividade, já que o arranjo em linha permite controle da velocidade de produção.

Principais desvantagens:

- Necessidade de investimentos (máquinas, instalação, esteiras transportadoras, automação);
- Pouca flexibilidade quando há variação no tipo de produto;
- Susceptível à interrupções indesejadas (quebra, manutenção);
- Capacidade produtiva dependente da operação gargalo;

- Trabalho repetitivo em cada posto de trabalho, podendo contribuir para ocorrências de lesão por esforço repetitivo.

2.1.3. Principais termos e indicadores de arranjos de linha.

O arranjo em linha possui alguns termos, os quais são descritos abaixo:

- Operador: responsável por executar a atividade em determinado posto de trabalho;
- Tarefa: menor unidade de trabalho realizada individualmente. (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009);
- Tempo de tarefa: tempo despendido ao executar uma tarefa. (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009);
- Posto de trabalho: local físico na linha onde um conjunto de tarefas são executadas (GAITHER; FRAZIER, 2005);
- Tempo de ciclo: tempo entre duas saídas consecutivas de produto em uma linha, (GAITHER; FRAZIER, 2005);
- *Takt time*: taxa de produção para atender demanda do cliente, (GAITHER; FRAZIER, 2005).

Além dos termos acima citados, os arranjos em linha possuem alguns índices de desempenho (GAITHER; FRAZIER, 2005):

- Quantidade de postos de trabalho: número mínimo para atender o *takt time* do cliente;
- Grau de utilização: porcentagem de tempo que a linha executa atividade;
- Eficiência da linha: razão entre o somatório dos tempos de cada tarefa pelo tempo total do produto na linha;
- Ociosidade total da linha: soma dos tempos que cada posto de trabalho está ocioso.

2.1.4. Desperdícios na linha de produção

De acordo com Ohno (1988), todas as atividades que utilizam recursos, mas não contribuem para aumentar o valor do produto vendido ao cliente são considerados desperdícios.

Ainda segundo Ohno, existem sete tipos de desperdícios no sistema de fabricação: processamento desnecessário, movimentação, estoque, superprodução, defeitos e retrabalhos, transporte e espera.

Além desses sete desperdícios, Womack e Jones (1996) identificaram um oitavo desperdício: o desperdício intelectual, ou seja, a subutilização das pessoas, não sendo aproveitado de forma completa os recursos humanos, gerando perdas de ideias criativas e de possíveis melhorias que poderiam ser aplicadas ao processo produtivo.

A respeito do desperdício de espera, para Ohno (1988), esse é um tipo de desperdício mais fácil de ser identificado pois diz respeito ao período em que os recursos estão efetivamente parados, ou seja, não estão sendo devidamente processados. Entre as causas da espera, estão a falta de matéria prima, tempo de operação ou avaria em máquinas, e o tempo de duração da operação subsequente.

Para Kumar e Mahto (2013), a principal razão pelo desperdício de espera é o desbalanceamento da linha de produção. A inatividade de alguma máquina e operador devido a atividade subsequente ou anterior são exemplos de causas de espera.

2.1.5. Procedimentos básicos para balancear a linha

Através do balanceamento de linha de produção que serão definidas quantas estações de trabalho a linha terá, e quais tarefas serão executadas em cada uma dessas estações, e com isso espera-se que um número mínimo de operadores e máquinas sejam utilizados para fornecer a quantidade necessária de capacidade. De uma forma geral, o objetivo é reduzir a quantidade de estações de trabalho dado um tempo de ciclo, ou diminuir o tempo de ciclo dado um número de estações de trabalho (MAKE; RASHID; RAZALI, 2016).

Ainda segundo Make, Rashid e Razali (2016), pode ser utilizado o seguinte procedimento para balanceamento de linha:

- Determinar quais tarefas devem ser executadas para concluir uma unidade de um produto;
- Determinar a ordem ou sequência na qual as tarefas devem ser executadas;
- Elaborar o fluxograma de tarefas;
- Estimar a duração das tarefas;
- Calcular o tempo de ciclo;
- Calcular o número mínimo de estações de trabalho;

- Usar uma regra heurística para atribuir tarefas a estação de trabalho de forma que a linha de produção esteja balanceada.

Para Martins e Laugeni (2009) as principais finalidades do estudo de tempos são: estabelecer padrões para os programas de produção, fornecer dados para a determinação dos custos padrões, estimar o custo de um produto novo e fornecer dados para o estudo de balanceamento das estruturas de produção.

2.2. TRABALHO PADRONIZADO (STANDARD WORK)

Trabalho padronizado (*standard work* ou trabalho normalizado) é uma ferramenta do *Lean* desenvolvida por volta de 1950, com objetivo de descrever cada atividade desenvolvida em determinado posto de trabalho (LOPES, 2012).

2.2.1. Definições e objetivos

O trabalho padronizado é definido por um conjunto de procedimentos a serem executadas em um posto de trabalho. Visa estabelecer a melhor maneira e sequência a ser executada pelo operador (LOPES, 2012). Um dos principais objetivos ao aplicar o trabalho padronizado em determinado posto de trabalho, é evitar que os operadores executem as atividades de forma aleatória (AREZES; CARVALHO e ALVES, 2010).

Ainda segundo Arezes, Carvalho e Alves (2010), as operações devem ser seguidas exatamente como estão descritas, sem improvisos. Assim é possível reduzir o tempo de ciclo, melhorando a qualidade, segurança e eficácia.

A disponibilidade das tarefas a serem executadas em determinado posto de trabalho também tem a vantagem de tornar os operadores polivalentes, uma vez que os mesmos tem acesso a toda informação e podem facilmente aprender a executar as novas atividades, tornando o processo produtivo mais flexível, (LOSONCI; DEMETER e JENEI, 2011).

O trabalho padronizado e documentado é fundamental para não se perder o conhecimento e os ganhos por ele gerados, e constituído por 3 elementos principais (LOPES, 2012):

- Tempo de ciclo normalizado: tempo de ciclo determinado para produzir uma peça do início ao fim do processo.

- Sequência de trabalho: é a lista, de forma sequencial, das atividades que devem ser realizadas em determinado posto de trabalho. Devem representar a melhor, mais rápida e segura forma de executar a atividade.
- Inventário normalizado: indica a quantidade mínima de estoque no posto de trabalho que se deve manter.

2.2.2. Principais vantagens

A maneira de executar uma tarefa em determinado posto de trabalho, documentada e bem definida, é uma base para a metodologia *kaizen*, que segundo Costa Júnior (2008), é a busca contínua de inovações dos processos produtivos, dos métodos, regras e procedimentos. Sendo assim, o trabalho normalizado é cabível de contínuo aperfeiçoamento, sendo um dos fundamentos da melhoria contínua.

Além disso, segundo Emiliani (2008), ter um trabalho padronizado nos postos de trabalho de um processo produtivos trazem inúmeras vantagens, tais como:

- Cria-se pontos de referência a partir do qual é possível buscar continuamente melhorias;
- Obtém-se controle e previsibilidade da etapa do processo;
- Reduz-se a variação do tempo de execução (principalmente entre operadores e turnos de trabalho);
- Melhora-se a qualidade;
- Obtém-se flexibilidade para mudanças de operadores no dia a dia;

Outra vantagem do trabalho padronizado é uma maior transparência interna, operadores envolvidos e cientes do papel que devem desempenhar. Também permite uma maior contribuição dos operadores para o desenvolvimento da sua criatividade, onde eles podem ser protagonistas na definição de como as atividades serão executadas (LOSONCI; DEMETER e JENEI, 2011).

2.2.3. Etapas para implementação

Para uma implementação de trabalho padronizado de maneira mais eficaz, com menos inconvenientes, Spear e Bowen (1999) sugerem um conjunto de regras a serem seguidas:

- A atividade deve ser analisada de forma bem detalhada, considerando a melhor sequência, tempo, maneira a ser realizada e o resultado;
- Ligação entre fornecedor (atividade anterior) e cliente (atividade posterior) deve ser bem clara e direta;
- A movimentação dos produtos nos postos de trabalho deve ser a menor possível, direta e simples;
- Melhorias devem ser feitas seguindo métodos científicos e sob orientação de pessoa especializada na atividade.

Há situações em que os operadores podem não gostar da implementação de trabalho padronizado, principalmente no início, pois podem sentir uma perda de flexibilidade e autonomia. Nesses casos é necessário ter paciência e com comunicação e empatia, após algum tempo os operadores iram compreender os benefícios gerados, segundo salienta Arezes, Carvalho e Alves (2010).

As informações contidas na instrução do trabalho padronizado devem ser claras, objetivas e facilmente compreensíveis (LOPES, 2012).

2.3. CRONOANÁLISE

A cronoanálise é uma técnica utilizada para cronometrar e analisar a execução de uma determinada tarefa. Essa técnica permite orientar e otimizar a sequência operacional, analisando o melhor procedimento a ser executado (OLIVEIRA, 2009).

Segundo Oliveira, 2012, a cronoanálise é indicada em processos em que deseja-se uma melhora da produtividade, ou até mesmo entender de forma detalhada as atividades desempenhadas dentro da tarefa. Também é utilizada para avaliar a eficiência do balanceamento e pontos de ineficiência.

Ainda segundo Oliveira (2012), as principais etapas e princípios da cronoanálise são:

- Cronometragem de tarefas;
- Avaliação dos ritmos de trabalho (comparativo entre operadores, turnos, etc);
- Avaliar fadiga de trabalho;
- Calcular o tempo padrão (utilizado no balanceamento de linha);
- Análise crítica das tarefas desempenhadas em cada posto de trabalho;
- Avaliação da ergonomia;

- Redução de setup (auxilia o SMED);
- Uso de técnicas para padronizar o trabalho (*standard work*).

2.3.1. Principais passos para uma cronoanálise

Segundo Barnes (1977), a cronoanálise pode ser definida em alguns passos principais, os quais são resumidamente descritos a seguir:

- Registro das informações da operação: consiste no entendimento do funcionamento e etapas do processo, onde os operadores devem ter conhecimento da sequência a ser seguida.
- Divisão da operação em elementos: as tarefas executadas no posto de trabalho devem ser divididas em pequenos subgrupos. Um exemplo de divisão em elementos é apresentado na tabela 1, (COSTA JÚNIOR, 2008).

Tabela 1: Exemplo de elementos de uma operação

Tarefa	Elementos
1	Pegar um 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 rebité-los sobre o componente A.
6	Pegar o produto montado e posicioná-lo na embalagem.

Fonte: Costa Júnior (2008, p.63)

- Observação e registro do tempo gasto pelo operador: essa atividade pode ser realizada com utilização de um cronômetro, ou filmando todo o processo, separando início e término de cada operação avaliando o vídeo.
- Número de ciclos a serem cronometrados: devem ser realizadas várias tomadas de tempo para obter a média aritmética entre eles.
- Avaliação do ritmo: necessária para avaliação da velocidade de trabalho realizada pelo operador, levando em consideração velocidade do movimento, esforço, destreza e consistência. (SLACK; CHAMBERS e JOHNSTON, 2002).

- Determinação do tempo normal: segundo Silva e Coimbra (1980), o tempo normal é a média dos tempos cronometrados multiplicados pelo fator de ritmo;
- Determinação das tolerâncias: tolerância são as interrupções para descansos, necessidades pessoais ou outros motivos, sendo classificadas como tolerância para fadiga, tolerância pessoal e tolerância de espera.
- Fadiga humana: considera o esforço muscular, concentração e atividades repetitivas que interferem na disposição do operador.
- Determinação do tempo padrão: permite a análise da capacidade produtiva de um processo, e é a referência no treinamento de novos operadores.

2.3.2. Métodos para cronoanálise

Os princípios, técnicas e passos para realizar uma cronoanálise geralmente são empregados em planilhas eletrônicas de modo a facilitar o uso no dia a dia das empresas.

Souza (2012) é autor de uma planilha de cronoanálise e justifica que a utilização desse recurso eletrônico é mais prático, rápido e eficiente, além de elevar a confiabilidade do processo, reduzindo, ou até eliminando, incertezas de cálculos.

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Nesse capítulo serão descritos os procedimentos utilizados para alcançar os objetivos.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa será delimitada pela operação testar motor na Linha de Montagem I, de modo a atingir os objetivos descritos no capítulo 2. Essa é uma das 5 linhas de montagem do Departamento e Fabricação I. A seção 4.1 traz mais informações a respeito dessa linha.

O trabalho será realizado seguindo o procedimento metodológico pesquisa-ação. Segundo TRIPP (2005), a pesquisa-ação é um termo genérico de um processo onde se aprimora a prática pela oscilação sistemática do agir de forma prática, e investigar a respeito dela. Para o autor segue-se o ciclo de planejar, implementar, descrever e avaliar a mudança para melhorar sua prática. O resultado é um constante aprendizado no decorrer do processo, tanto em relação à prática realizada quanto em relação a investigação em si.

Processos de melhoria seguem basicamente o ciclo de planejar uma melhora da prática, agir para implementar a melhora planejada, monitorar e descrever os efeitos da ação, avaliar os resultados da ação, e iniciar o ciclo novamente, planejando a próxima melhoria. Esse é o ciclo básico de qualquer solução de problemas.

A necessidade de superar o vazio entre teoria e prática fez surgir a pesquisa ação. O grande diferencial desse método é que através dele procura-se intervir na prática (no processo, no ramo da indústria) de modo inovador, já no decorrer do próprio processo de pesquisa, e não apenas após a recomendação no final de um projeto, (ENGEL, 2000).

3.1.1. Principais características da pesquisa-ação

Conforme Engel (2000), pesquisa ação tem as seguintes características:

- O processo de pesquisa permite a aprendizagem para todos os participantes;
- A validação dos resultados se dá com a utilidade dos dados para os clientes (solicitantes), onde o pesquisador intervém numa situação com objetivo de verificar se um novo procedimento é eficaz ou não;

- A problemática é interpretada a partir do ponto de vista das pessoas envolvidas, com base no conhecimento prévio que esses atores têm sobre a situação;
- Procura diagnosticar um problema específico numa situação também específica, não havendo interesse, inicialmente, de obter resultados generalizáveis com relevância global;
- Ela é auto avaliativa, onde as modificações introduzidas na prática são constantemente avaliadas no decorrer do processo de avaliação;
- As fases finais são utilizadas para aprimorar os resultados das fases anteriores, ou seja, ela é cíclica.

3.1.2. Principais fases

A pesquisa ação, assim como qualquer modalidade de pesquisa, é constituída por algumas fases, (TRIPP, 2005):

- Definição do problema: algo que pode ou precisa ser melhorado, podendo ser resultado de um processo anterior de avaliação;
- Pesquisa preliminar: revisão bibliográfica acerca do problema, observação na prática e identificação das necessidades;
- Hipóteses: com base nas informações coletas na pesquisa preliminar, formula-se hipóteses a serem testadas;
- Plano de ação: com base nas hipóteses e objetivo de resolver o problema, definem-se ações para atingir tal objetivo;
- Implementação das ações: junto com a equipe que está trabalhando, coloca-se em prática as ações definidas no plano;
- Coleta de dados: durante a implementação das ações faz-se a coleta dos dados para avaliar os efeitos das ações sobre o problema;
- Análise dos dados: de posse dos dados, faz-se a análise e interpretação para tirar as conclusões;
- Divulgação dos resultados: Caso o objetivo tenha sido alcançado, ou seja, há uma solução para o problema, torna-se público os resultados. Caso não tenha sido alcançado, avalia-se um novo ciclo de pesquisa-ação.

3.1.3. Objeções em relação à pesquisa tradicional

Engel (2000), salienta a existência de algumas objeções da pesquisa ação em relação à pesquisa tradicional, muitas delas em função das características que a pesquisa ação possui.

Pode-se destacar como principal objeção o fato da pesquisa ação ser bem específica, tendo sua amostragem restritiva e pouco representativa.

Além disso, as variáveis independentes possuem pouco controle, fazendo com que os resultados não possam ser generalizados.

Após identificados os pontos que mais impactam no tempo de teste, serão avaliadas algumas alternativas, implantando e mensurando o resultado, até encontrar a maneira mais eficaz sem prejudicar a produção ou a qualidade da inspeção.

3.2. TÉCNICA DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS

De posse dos dados do balanceamento de linha e característica dos motores testados na Linha de Montagem I, iniciou-se um trabalho para identificar e confirmar as atividades que mais impactavam na operação testar motor, de modo a propor melhorias nessas atividades.

Com o objetivo de ter uma maior abrangência na avaliação, foram monitorados os tempos e etapas de teste (com auxílio de filmagem) da operação testar realizada por 2 operadores (1 em cada turno de trabalho) e motores 6, 9 e 12 cabos. A figura 2 apresenta a estratégia de amostragem utilizada.

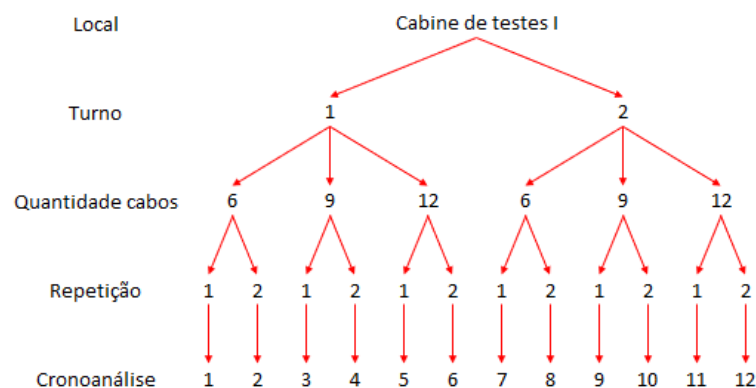


Figura 2: Plano de amostragem das filmagens

Fonte: O autor (2020).

Toda a etapa de avaliação foi realizada junto à cabine de testes, apresentada na figura 3.



Figura 3: Cabine de testes
Fonte: O autor (2020)

Os vídeos de cada uma das cronoanálises realizadas foram avaliados de modo a determinar os tempos e principais etapas críticas das atividades desempenhadas.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esse capítulo apresenta o local onde foi realizado o trabalho, os problemas identificados e as alternativas avaliadas para solucionar o problema.

O trabalho foi realizado em um dos departamentos de fabricação de motores elétricos de indução, na unidade da WEG em Jaraguá do Sul.

4.1. O DEPARTAMENTO DE FABRICAÇÃO I

O Departamento de Fabricação I (Fábrica I) é uma das cinco montadoras de motores elétricos de indução, da planta da WEG Motores em Jaraguá do Sul.

A Fábrica I produz motores das carcaças IEC 63 a 100L, carcaça alumínio e ferro fundido, monofásicos e trifásicos, 2 a 8 polos, nas mais diversas características e formas construtivas.

Em 2019 a Fábrica I produziu em média 2860 motores por dia, fornecendo para os mais diversos mercados, tanto nacional como internacional.

Ela está dividida em 5 Seções de produção: Bobinagem I A e B, responsáveis pela preparação de cabos, inserção e isolamento dos estatores bobinados; Bobinagem I C, responsável pelo processo de impregnação, prensagem dos estatores na carcaça e usinagem do encaixe da carcaça; Montagem I A e B, que realiza o processo de montagem dos demais componentes do motor, pintura e embalagem.

As seções de montagem são compostas por 5 linhas, as quais três delas (Linha de Montagem 1, 2 e 3) fazem parte da Montagem I B e as outras duas (Linha de Montagem 4 e 5) fazem parte da Montagem I A.

A figura 4 apresenta o layout da Fábrica I, em 2019.

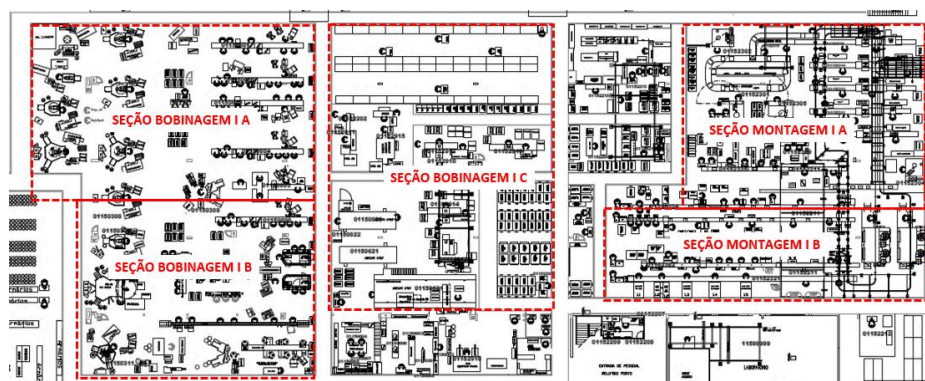


Figura 4: Layout da Fábrica I

Fonte: O autor (2020).

Todas as linhas de montagem possuem uma cabine de testes, denominadas CTM, que pertence ao Departamento de Controle da Qualidade, onde são realizados testes para avaliação da conformidade do motor, antes do mesmo ser enviado para pintura.

A tabela 2 apresenta as principais avaliações realizados em cada uma das cabines de teste.

Tabela 2: Relação de testes

TESTE	OBJETIVO
Características mecânicas	Avaliar correta forma construtiva, presença correta dos opcionais, isenção de danos
Ensaio de <i>hipot</i>	Avaliar se não há fuga de corrente (choque para a carcaça), garantindo a segurança do consumidor final
Corrente em vazio	Avaliar se o estator bobinado está correto, se não há problemas de ligação, ou outros danos na bobina
Sentido de giro	Identificar a correta ligação do motor e conformidade com o sentido de giro especificado

Fonte: O autor (2020).

Como a atividade de testar motor é um dos postos de trabalho ao longo do fluxo da linha, ela impacta diretamente no tempo de ciclo da mesma, principalmente se possuir um tempo de execução da atividade elevado, ou seja, ser operação gargalo.

4.2. LINHA DE MONTAGEM I

A Linha de Montagem I (Linha I) passou por um trabalho de readequação do processo produtivo, onde foram feitas melhorias, tais como redução de atividades que não agregam valor, adequação do mix de produtos, balanceamento das atividades, entre outras, tornando-a a linha com maior capacidade produtiva da Fábrica I.

A figura 5 apresenta o layout da Linha I, com os postos de trabalho e as atividades desenvolvidas em cada posto.

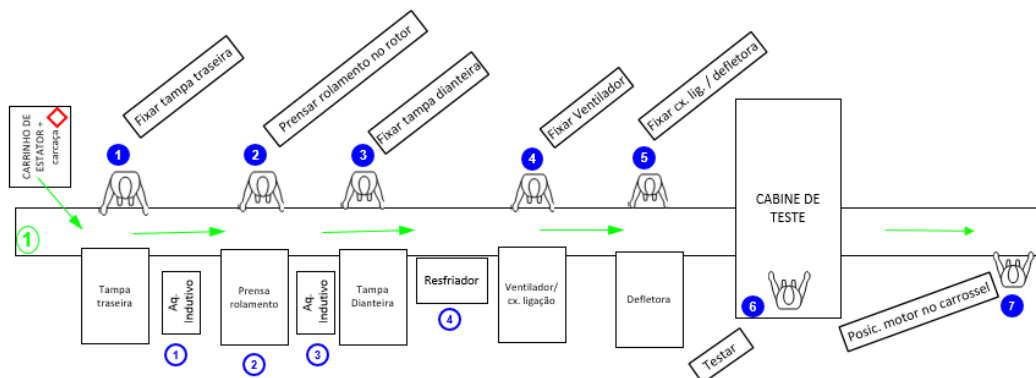


Figura 5: Layout da Linha de Montagem I
Fonte: O autor (2020).

4.2.1. Mix de produtos da Linha I

Conforme figura 6, a produção da Linha I representa mais de um terço da produção da Fábrica I.

PRODUÇÃO POR LINHA DE MONTAGEM

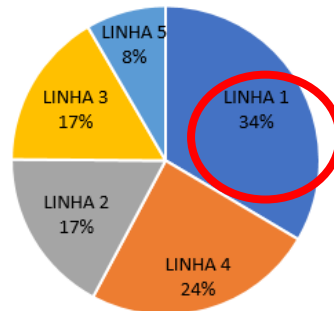


Figura 6: Produção da Linha de Montagem I
Fonte: O autor.

Desse percentual de produção, a maioria dos motores é trifásico, 6 e 12 cabos, e das carcaças 80 e 90, conforme figuras 7, 8 e 9, respectivamente.

QUANTIDADE FASES

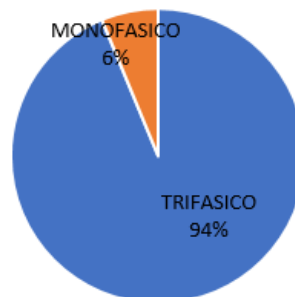


Figura 7: Mix de produção da Linha I - por fases
Fonte: O autor (2020)

QUANTIDADE CABOS

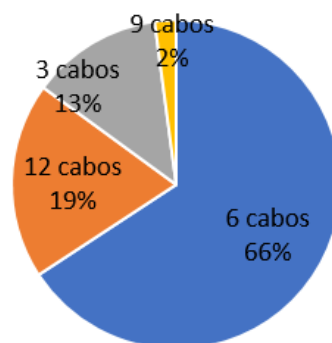


Figura 8: Mix de produção da Linha I - por quantidade de cabos
Fonte: O autor (2020).

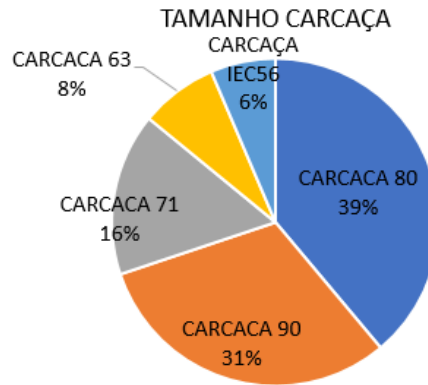


Figura 9: Mix de produção da Linha I - por tamanho de carçaça
Fonte: O autor (2020).

4.2.2. Balanceamento da Linha I

Com base no mix de produtos produzidos na Linha I, o balanceamento dos tempos das operações realizadas em cada posto de trabalho é conforme apresentado na figura 10.

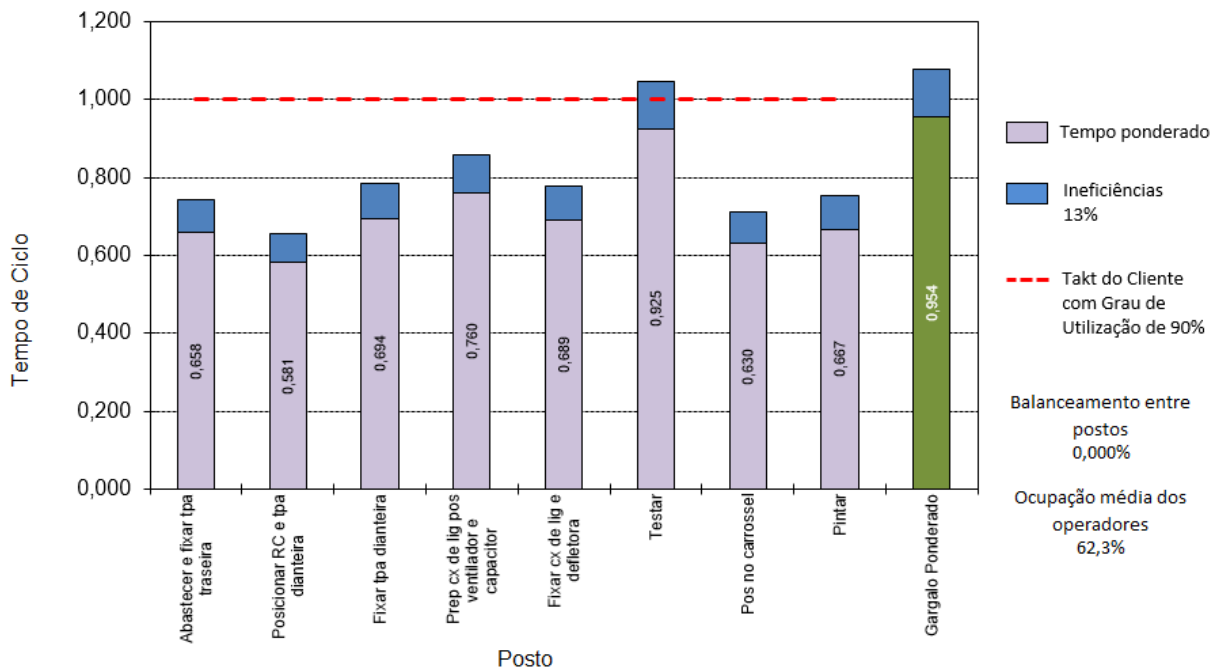


Figura 10: Balanceamento da Linha de Montagem I
Fonte: O autor (2020).

Como pode ser observado na figura 5, o posto de trabalho Testar possui o mais tempo de ciclo para executar a atividade, e portanto é o gargalo da Linha I. Esse problema motivou a uma melhor avaliação dessa atividade, de modo a encontrar alternativas para esse posto não impactar de maneira tão significativa na produtividade da linha.

4.3. PROBLEMAS IDENTIFICADOS

Seguindo o plano de amostragem descrito na seção 3.2, foi utilizada a técnica de cronoanálise das filmagens realizadas, onde a operação testar motor foi dividida em pequenas etapas. A determinação dos tempos de cada etapa foi através da média aritmética, separando por turno e quantidade de cabos.

Ao analisar as pequenas etapas de toda operação de testar motor, percebeu-se uma diferença em relação a primeira peça da ordem de produção para as demais peças, onde na primeira peça eram necessárias etapas adicionais. Essas etapas da primeira peça de cada ordem de produção foram chamadas de *setup* e são descritas na figura 11.

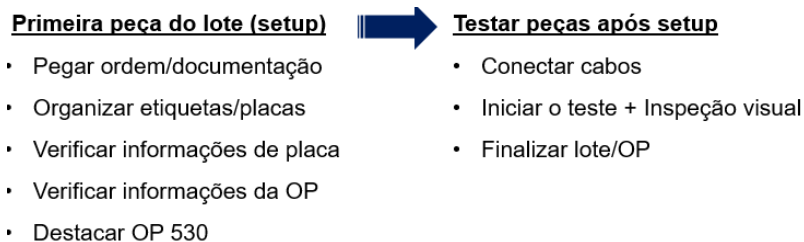


Figura 11: Diferença na primeira peça para as demais
Fonte: O autor (2020).

Ao avaliar detalhadamente cada atividade executada durante o *setup*, identificou-se que algumas atividades apresentavam maior variação no tempo de execução. E também que algumas vezes determinada atividade não era realizada, ou seja, havia uma falta de padronização das atividades executadas por cada operador. As diferenças nos tempos de cada atividade estão destacadas na figura 12.

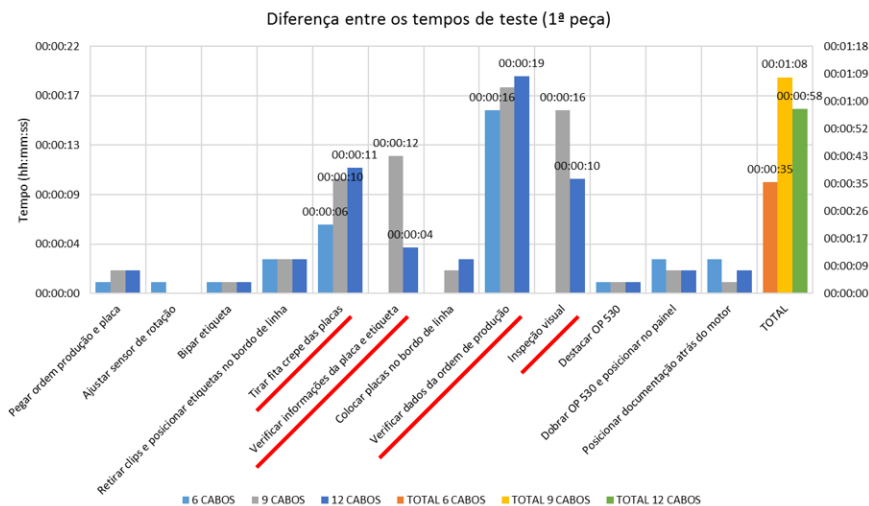


Figura 12: Detalhamento do tempo de cada atividade durante o *setup*
Fonte: O autor (2020).

Após a etapa de *setup*, no restante das atividades desempenhadas na operação testar motor, percebe-se o impacto da quantidade de cabos no tempo total de ensaio, sendo a atividade de conectar os cabos a que mais gerava variação, conforme pode ser visto na figura 13.

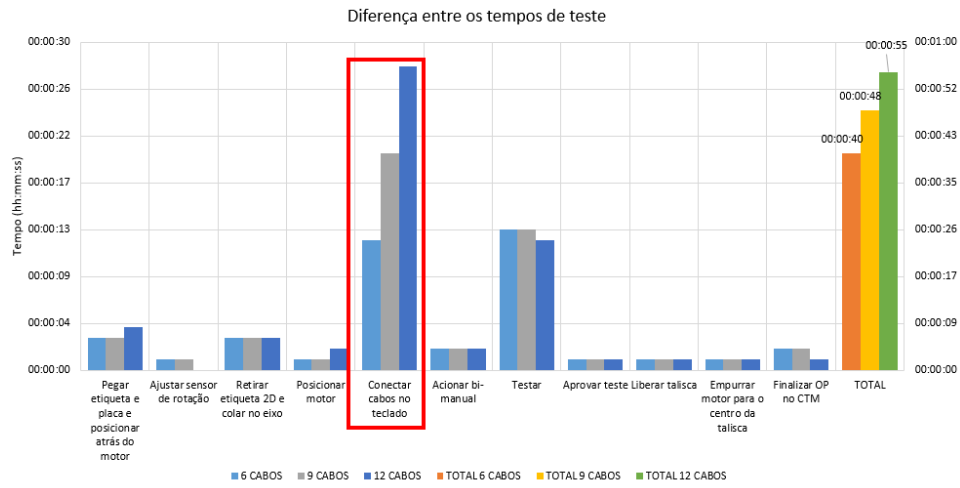


Figura 13: Diferença em função da quantidade de cabos
Fonte: O autor (2020).

Ou seja, quanto mais cabos o motor tem, maior será o tempo despendido na operação testar motor.

Agrupando as atividades de *setup* e as atividades após o *setup* (chamada de testar), percebe-se que em ambas ocorreram variações significativas, conforme pode ser observado na figura 14.

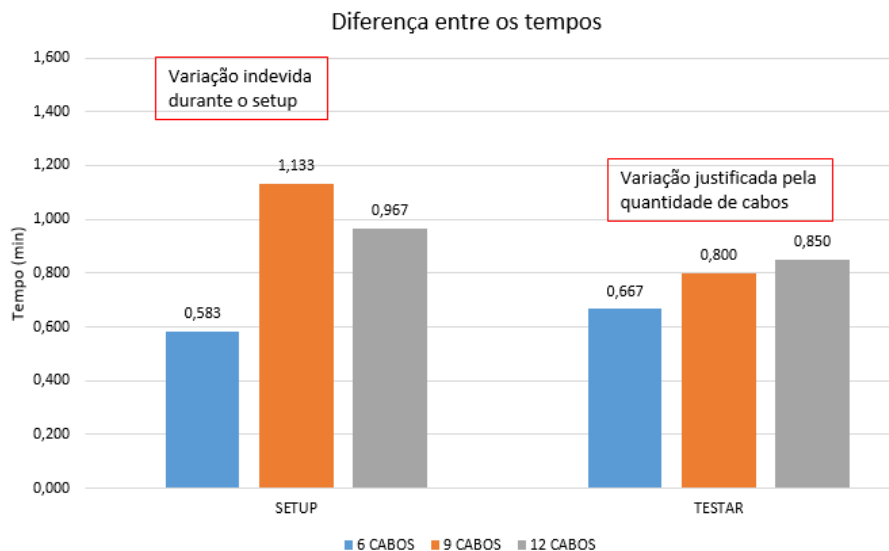


Figura 14: Variação de tempo no setup e teste
Fonte: O autor (2020).

A diferença entre tempos de execução do *setup* mais os tempos de testes, somados, tornam-se significativos no desenvolvimento de toda a atividade desse posto de trabalho.

Sendo assim, na identificação dos problemas constatou-se que a despadronização das atividades executadas na primeira peça do lote (*setup*) e a quantidade de cabos impactavam no tempo total de teste.

4.4. PROPOSTA DE MELHORIA

Com base no que foi exposto na seção 4.3, o trabalho foi dividido em duas frentes, a primeira destinada a reduzir a variação e padronizar a atividade *setup*, e a segunda voltada a reduzir o tempo de teste, dependente principalmente da quantidade de cabos.

4.4.1. Reduzir e padronizar setup

Um das principais causas do tempo elevado de teste e, principalmente, variação entre operadores é a despadronização da etapa inicial do teste.

Para reduzir os tempos de avaliação na primeira peça (*setup*), foi proposto a padronização das atividades, seguindo um roteiro, inclusão das características do motor que são mais relevantes em uma tela, e realização da inspeção visual durante o teste elétrico.

Após essa definição, foi documentado um procedimento padrão a ser seguido não só na Linha de Montagem I, mas nas demais cabines de teste também.

A figura 15 apresenta a sequência que ficou definida, para a primeira peça e as demais do lote.

OPERAÇÕES (1ª PEÇA)	OPERAÇÕES (DEMAIS PEÇAS)
Pegar ordem produção, etiqueta e placa	
Bipar etiqueta	
Tirar fita crepe das placas	
Verificar informações da placa e etiqueta	
Retirar clips e posicionar etiquetas no bordo de linha	
Colocar placas no bordo de linha	
Verificar dados da ordem de produção	
Destacar OP 530	
Dobrar OP 530 e posicionar no painel	
Posicionar documentação atrás do motor	
Pegar etiqueta e placa e posicionar atrás do motor	Pegar etiqueta e placa e posicionar atrás do motor
Puxar motor próximo ao teclado	Puxar motor próximo ao teclado
Conectar cabos no teclado	Conectar cabos no teclado
Acionar 1x <u>bi-manual</u> (impressão etiqueta eixo)	Acionar 1x <u>bi-manual</u> (impressão etiqueta eixo)
Retirar etiqueta 2D e colar no eixo	Retirar etiqueta 2D e colar no eixo
Ajustar sensor de rotação	Ajustar sensor de rotação
Acionar 1x <u>bi-manual</u> (iniciar teste)	Acionar 1x <u>bi-manual</u> (iniciar teste)
Testar e Inspeção visual	Testar e Inspeção visual
Aprovar teste	Aprovar teste
Empurrar motor para o centro da talisca	Empurrar motor para o centro da talisca
Liberar talisca	Liberar talisca
Finalizar OP no CTM	Finalizar OP no CTM

Figura 15: Detalhamento do procedimento padrão

Fonte: O autor (2020).

Para validar essa proposta os testadores foram treinados e contextualizados a respeito do objetivo dessa padronização.

Após uma semana implantado o procedimento, foi feita uma nova cronoanálise, a fim de comparar o resultado da padronização com o resultado anterior.

Na figura 16 é possível perceber uma redução de 24% em comparação com os ensaios antes da padronização.

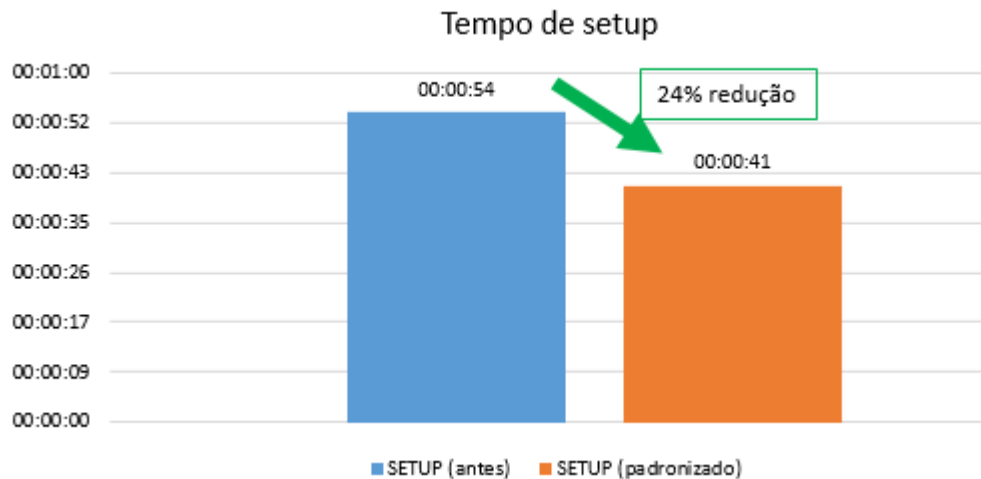


Figura 16: Comparativo do tempo de setup após a padronização
Fonte: O autor (2020).

4.4.2. Reduzir tempo de teste em motores 12 cabos

Para reduzir o tempo de teste, principalmente em motores 12 cabos, foram avaliadas algumas alternativas, todas elas discutidas e ponderadas com a equipe técnica do Departamento de Controle da Qualidade e Seção de Metrologia (fornecedora dos painéis CTM).

4.4.3. Implantar 2 estações de trabalho

Essa alternativa teve o objetivo de duplicar o sistema de teste da cabine, de modo que o testador pudesse iniciar a preparação do teste da peça seguinte, enquanto a peça que estivesse em avaliação (ensaio elétrico) fosse testada. A figura 17 traz um croqui de como seria a estação dupla.

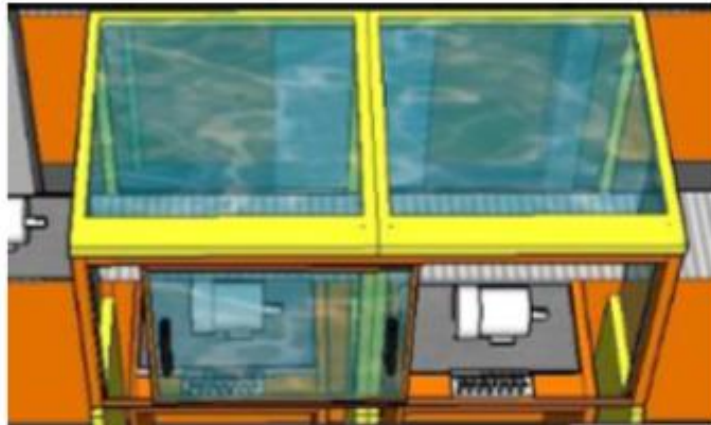


Figura 17: Croqui da estação dupla de teste
Fonte: O autor (2020).

O custo dessa proposta seria bem significativo, então antes de propor a implantação foram feitas análises levando em consideração que a redução no tempo de teste do motor seguinte seria o tempo de motor ligado, aproximadamente 13 segundos.

Porém essa alternativa representaria uma perda significativa de inspeção, já que enquanto o motor está sendo testado eletricamente é que o testador deve fazer a inspeção visual. Conforme a figura 18, em determinado período de 2019 aproximadamente um terço dos defeitos identificados nas cabines de teste são através de inspeção visual, ou seja, enquanto o motor está sendo testado eletricamente.

DEFEITO	QUANTIDADE
FALTA - COMPONENTE	143
TROCADO - COMPONENTE	116
SOLTO - COMPONENTE	83
POSICAO - COMPONENTE VIRADO	54
FORMA - FORMA CONSTRUTIVA	26
ASPECTO - REBARBA	17
ASPECTO - AMASSADO	17
IDENTIFICACAO - TROCADO	15
QUEBRADO - ALETA	12
QUEBRADO - COMPONENTE	9
ASPECTO - DEFORMADO	7
IDENTIFICACAO - ILEGIVEL	6
IDENTIFICACAO - NUMERACAO ERRADA	6
ASPECTO - BOLHA	6
FALTA - FURACAO	5
POSICAO - COMPONENTE POSICAO ERRADA	4
ACABAMENTO - TRINCADO	4
FALTA - NUMERACAO	3
IDENTIFICACAO - FALTA	3
ACABAMENTO - ROSCA DANIFICADA	3
ACABAMENTO - RISCADO	3
DIMENSIONAL - DIAMETRO DE ROSCA	2
DOCUMENTACAO - DESENHO DESATUALIZADO	2
ASPECTO - OXIDADO	2
FALTA - ROSCA	2
OUTROS	1099
TOTAL	1649

Figura 18: Relação de defeitos identificados
Fonte: O autor (2020).

Dessa forma julgou-se inadequado implantar uma estação dupla de testes, apesar do potencial de redução do tempo de testes.

4.4.4. Utilizar fonte de alimentação eletrônica

Outra alternativa avaliada foi a substituição da fonte de alimentação do motor em teste, atualmente um variador eletromecânico por uma fonte eletrônica. Por experiência interna da WEG, que já possui esse tipo de fonte eletrônica instalado em outros parques fabris, sabe-se que a grande vantagem é o ajuste mais preciso da tensão e frequência, bem como redução das variações de tensão durante o teste.

Porém nunca havia sido objetivo nem tema de estudo se as fontes eletrônicas reduziriam o tempo de teste. Sendo assim, um mesmo motor testado no painel de testes da Linha I foi também testado em outro departamento de fabricação, utilizando a ferramenta de cronoanálise para comparação dos tempos.

A figura 19 apresenta um comparativo, somente da atividade em que o motor está sob teste elétrico, onde é possível perceber que não há redução do tempo de teste em relação às fontes convencionais de variador eletromecânico.

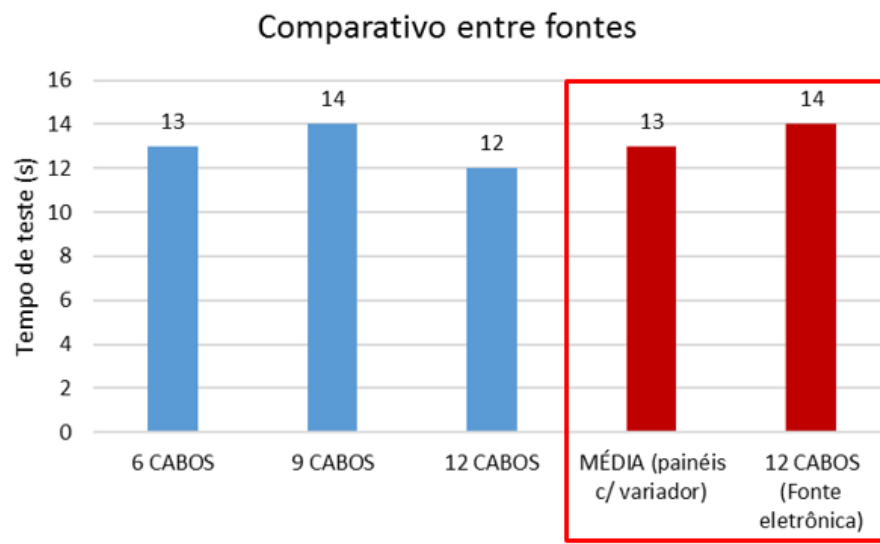


Figura 19: Comparativo entre fontes de alimentação
Fonte: O autor (2020).

4.4.5. Fazer ligação dos motores 12 cabos antes da cabine

Uma última alternativa avaliada foi a realização da ligação dos motores 12 cabos antes da cabine, de modo que o testador só tenha que conectar 3 cabos no teclado de teste.

Essa alternativa foi a mais significativa na redução, sem trazer desvantagens para a etapa de inspeção. A figura 20 apresenta a redução do tempo.

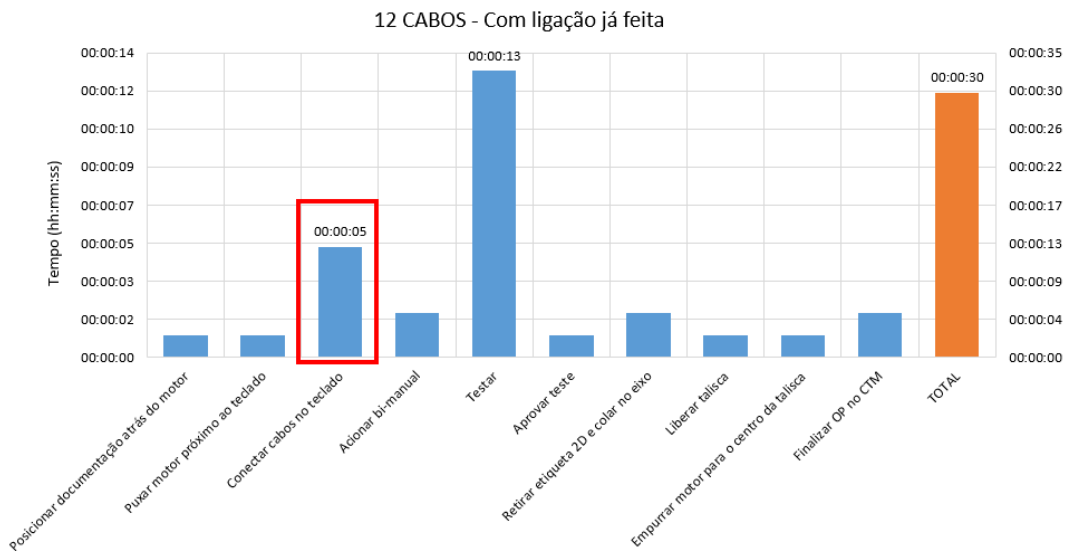


Figura 20: Redução do tempo de conectar cabos
Fonte: O autor (2020).

Como pode ser observado, com a ligação dos motores 12 cabos antes da cabine o tempo de conectá-los cai pra apenas 5 segundos, redução bem significativa frente aos 28 segundos quando a ligação deve ser feita pelo testador, conforme figura 21.

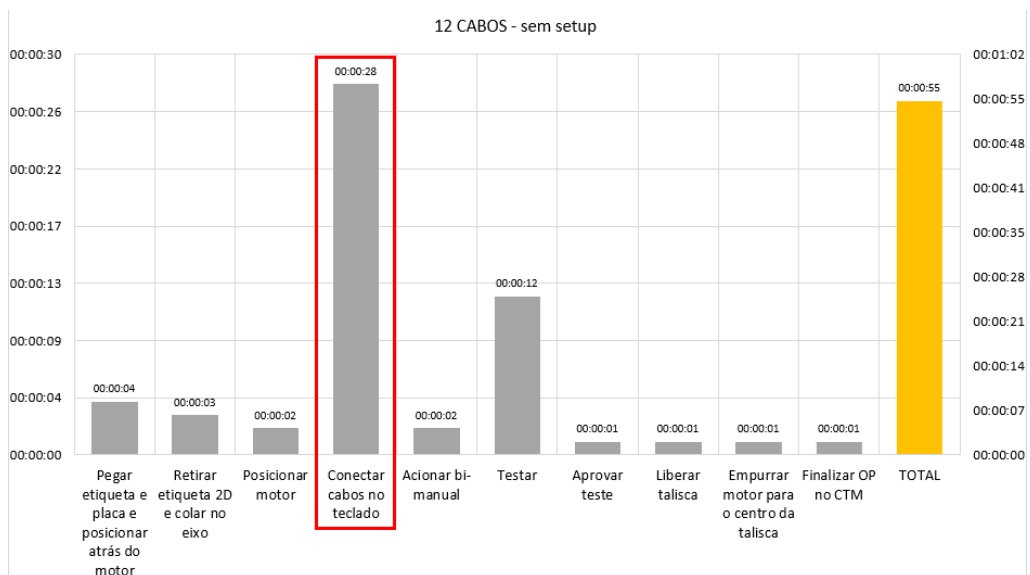


Figura 21: Tempo de conectar cabos antes da modificação
Fonte: O autor (2020).

Apesar de alternativa ser a melhor do ponto de vista da atividade testar motor, ela traz impactos no balanceamento de linha das outras atividades, pois aumentaria significativamente o tempo da operação anterior ao teste.

A alternativa encontrada foi alterar o mix de produtos da Linha I, incluindo motores com placa de bornes, e com isso alterar de 5 para 6 postos de trabalhos antes da cabine de testes.

A figura 22 apresenta o novo balanceamento de linha após a inclusão de um sexto posto de trabalho antes da cabine de teste, o qual é responsável pela conexão dos cabos em motores com placa de bornes e conexão dos cabos nos motores 12 cabos.

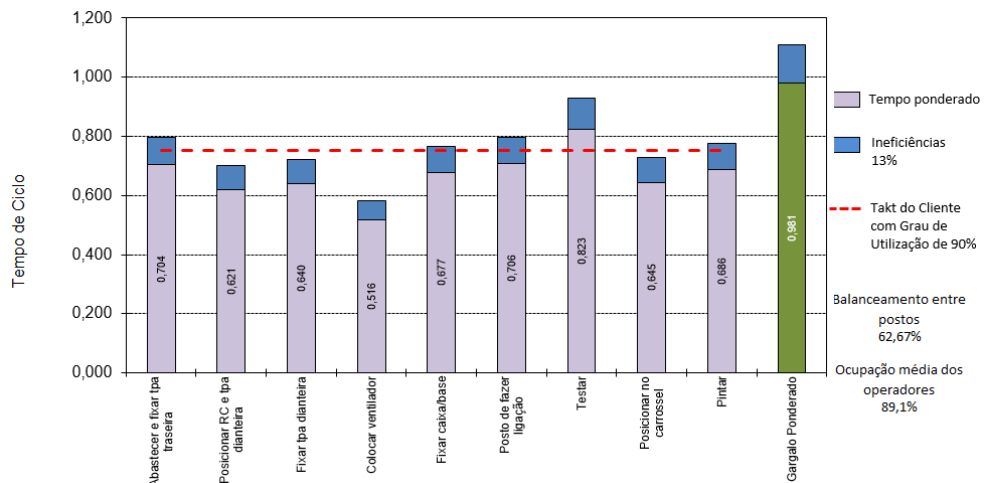


Figura 22: Novo balanceamento da Linha I
Fonte: O autor (2020).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O correto balanceamento de uma linha de produção é fundamental para melhores ganhos de produtividade, sendo dever de todos os agentes do processo produtivo, seja direta ou indiretamente, contribuírem para obter maiores ganhos de produção.

A premissa acima vale também para o Departamento de Controle da Qualidade, responsável pelos testes e avaliação da conformidade dos motores produzidos.

O objetivo de avaliar o balanceamento da linha de montagem, com foco na operação testar motor, foi atingido e trouxe bons resultados.

A avaliação realizada nesse trabalho foi importante para entender o papel da operação testar motor na linha de montagem. Os principais resultados positivos dessa avaliação foram a identificação de despadroneamento entre os testadores devido à ausência de um procedimento definido; a descoberta de que o investimento em uma estação de testes dupla, apesar de reduzir o tempo de teste, iria comprometer a qualidade do teste; a utilização de uma fonte eletrônica, a qual colocava-se uma esperança de redução de tempo de teste, não iria alterar em nada a duração do teste; e a conclusão de que era fundamental tirar da atividade testar motor a operação de conectar os cabos, apesar do impacto que viessem a causar nas demais atividades da linha.

Um ponto negativo foi a necessidade de criação desse posto, ou seja, aumento da mão de obra empregada na linha de montagem avaliada. Esse ponto negativo foi amenizado alterando o mix de produção na referida linha, onde a mesma passou a produzir uma variedade maior de motores.

Em relação aos objetivos específicos que foram propostos, a criação de um procedimento padrão de avaliação do motor em teste foi importante para reduzir o tempo da atividade e eliminar atividades que não eram necessárias ou eram feitas de maneira excessiva.

Por ser um posto fixo, de apenas 1 operador, não haviam muitas alternativas para um melhor balanceamento ou distribuição das atividades, onde o que trouxe melhores resultados foi a realização da conexão dos motores 12 cabos em um posto antes do teste.

Como toda modificação de procedimento de trabalho, houve certa dificuldade e resistência dos testadores em seguirem a proposta. Essa resistência foi superada com a apresentação desse trabalho a todos os testadores, onde os mesmos compreenderam o impacto das atividades que exerciam na produtividade da linha de montagem.

O trabalho foi de grande valia para entendimento dos conceitos e importância do balanceamento de linha no processo produtivo, da execução de forma padronizada das atividades e do impacto e benefícios que a execução dessa forma trazem.

REFERÊNCIAS

- AREZES, P.; CARVALHO, D.; ALVES, A. C. **Threats and Opportunities for Workplace Ergonomics in Lean Environments**, 17th International Annual EurOMA Conference – Managing Operations in Service Economics, Porto, 2010.
- BARNES, R. M. **Estudo de tempos e movimentos**: projeto e medida do trabalho. Tradução de Sergio Luis Oliveira Assis, José S. Guedes Azevedo e Arnaldo Pallota. 6. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.
- COSTA JÚNIOR, E. L. **Gestão em processos produtivos**. Curitiba: Ibplex, 2008.
- EMILIANI, M. **Standardized Work for Executive Leadership**, Leadership & Organization Development Journal, n. 29, p. 24-46, 2008.
- ENGEL, G. I. **Pesquisa-ação**. Educar, Curitiba, n.16, p. 181-191, 2000
- FERNANDES, F. C. F.; DALALIO, A. G. Balanceamento e rebalanceamento de linhas de montagem operadas por grupos de trabalho autogerenciados, **Gestão e Produção**, v. 7, n. 3, p.378-398, 2000.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pioneira, 2005.
- KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P.; MALHOTRA, M. K. **Administração de produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2009.
- KUMAR, N.; MAHTO, D. Assembly line balancing: a review of developments and trends in approach to industrial application. **Global Journal of Research In Engineering**, v. 13, n. 2, p. 39, 2013.
- LOPES, S. T. de A. B. M. **Aplicação de standard work e de outras ferramentas de lean production numa empresa de elevadores** Tese de Mestrado – Universidade de Minho, 2012.
- LOSONCI, D., DEMETER, K.; JENEI, I. Factors influencing employee perceptions in lean transformations. **International Journal of Production Economics**, 30–4, 2011.
- MAKE, M. R. A.; RASHID, M. F. F. A.; RAZALI, M. M. A review of two-sided assembly line balancing problem. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 1-21, 2016.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 2009.
- OHNO, T. **Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production**. New York: Productivity Press, 1988.
- OLIVEIRA, C. L. P. A. **Análise e controle da produção em empresa têxtil, através da cronoanálise**. Trabalho Final de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Centro Universitário de Formiga, Formiga, Minas Gerais, 2009.

OLIVEIRA, J. C.G. **Estudo dos tempos e métodos, cronoanálise e racionalização industrial**. 2012. Disponível em: <<https://administradores.com.br/artigos/estudo-dos-tempos-e-metodos-cronoanalise-e-racionalizacao-industrial>>. Acesso em: 26 ago. 2020.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: Operações industriais e de serviços**. Curitiba: Unicenp, 2007

ROMAN, D. J.; PIANA, J.; LOZANO, M. A. S. P. L.; MELLO, N. R.; ERDMANN, R. H. Fatores de competitividade organizacional. **Brazilian Business Review**, v.9, n.1, p.27-46, 2012.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JONHSTON, R.. **Administração da produção**. São Paulo, p. 276-307, 2002.

SOUZA, E. L. **Proposta e aplicação de um modelo de cronoanálise para os setores de soldagem e montagem de uma empresa de agronegócios**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Faculdade Horizontina (FAHOR), Horizontina, 2012.

SPEAR, S.; BOWEN, H. K. Decoding the DNA of the Toyota Production System. **Harvard Business Review**, 77(5), p. 95-106, 1999.

SUGUINOSHITA, G.; FRANÇA, M. P. **Balanceamento de linha de montagem de motores a combustão por meio de programação linear inteira mista**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) –UTFPR, Curitiba, 2017.

TRIPP, D. Pesquisa ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, 2005.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation**. New York, USA: Simon & Schuster, 1996.