



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

MATHAEUS QUEIROZ COSTA DE ARAÚJO

**APLICAÇÃO DO BALANCEAMENTO DE LINHA EM UMA EMPRESA
MONTADORA DE AUTOMÓVEIS**

JOÃO PESSOA – PB

2024

MATHAEUS QUEIROZ COSTA DE ARAÚJO

**APLICAÇÃO DO BALANCEAMENTO DE LINHA EM UMA EMPRESA
MONTADORA DE AUTOMÓVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica
do Centro de Tecnologia da Universidade
Federal da Paraíba, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientadora: Liane Márcia Freitas Silva

JOÃO PESSOA – PB

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A663a Araujo, Mathaeus Queiroz Costa de.

Aplicação de um balanceamento de linha em uma
empresa montadora de automóveis / Mathaeus Queiroz
Costa de Araujo. - João Pessoa, 2024.

37 f. : il.

Orientação: LIANE SILVA.

TCC (Graduação) - UFPB/DE TECNOLOGIA.

1. Balanceamento. I. SILVA, LIANE. II. Título.

UFPB/CT/BSCT

CDU 621(043.2)


APLICAÇÃO DO BALANCEAMENTO DE LINHA EM UMA EMPRESA MONTADORA DE AUTOMÓVEIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica
do Centro de Tecnologia da Universidade
Federal da Paraíba, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientadora: Liane Márcia Freitas Silva


Data: 30/04/2024

Resultado: Aprovado


Documento assinado digitalmente
 LIANE MARCIA FREITAS E SILVA
Data: 02/05/2024 20:35:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Banca Examinadora

Prof^o Dr^a. Liane Márcia Freitas e Silva
Orientador – UFPB/CT/DEP

Documento assinado digitalmente
 JOAO PEREIRA LEITE
Data: 03/05/2024 16:17:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof Dr. João Pereira Leite
Examinador - UFPB/CT/DEM

Documento assinado digitalmente
 RAFAEL EVARISTO CALUETE
Data: 09/05/2024 14:33:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof Dr. Rafael Evaristo Caluête
Examinador - UFPB/CT/DEM

JOÃO PESSOA – PB

2024

DEDICATÓRIA

Dedico esta conquista ao meu pai Eneas Costa da Silva e minha mãe Maria Gorete Araújo de Souza por terem sido os maiores incentivadores de toda minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e meus pais por ter me dado forças para superar todas as adversidades e me fortalecer a cada dia para conquistar todos os meus objetivos.

A todos meus amigos de curso, Junior Coelho, Matheus Catão, Paulo Sergio, Victor Lucas e Lucio Flávio por todo suporte e companheirismo durante todo o curso.

A todos os professores por todos os ensinamentos ao longo desses anos, por todas as oportunidades, onde pude aperfeiçoar os meus conhecimentos e crescer profissionalmente.

LISTA DE FIGURAS, GRÁFICOS E TABELAS

Figura 1 – Diagrama de precedência	11
Figura 2 – Linha de produção esquematizada	13
Figura 3 - Exemplo de gráfico de balanceamento dos operadores (GBO).....	18
Figura 4 - Mapeamento de processo de pré-montagem de um bumper.....	26
Figura 5 - Sequência de tarefas realizada por meio de diagrama.....	29
Figura 6 - Mapeamento de processo da nova configuração.....	30
Tabela 1 - Montagem de estações de trabalho	15
Tabela 2 - Atividade realizadas do operador 1 no posto 1 considerando o tempo de ciclo	23
Tabela 3 - Atividade realizadas do operador 2 no posto 2 considerando o tempo de ciclo	23
Tabela 4 - Atividade realizadas do operador 3 no posto 3 considerando o tempo de ciclo	23
Tabela 5 - Atividade realizadas do operador 4 no posto 3 considerando o tempo de ciclo	24
Gráfico 1 – GBO da situação antes do balanceamento	28
Gráfico 2 – GBO da situação após do balanceamento	31
Gráfico 3 – Tempo de Ciclo em segundos e eficiência calculada para cada estação de trabalho - Antes do balanceamento	33
Gráfico 4 – Tempo de Ciclo em segundos e eficiência calculada para cada estação de trabalho - Após o balanceamento	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. OBJETIVOS.....	9
2.1 OBJETIVO GERAL.....	9
2.1.2 OBJETIVOS ESPÉCÍFICOS.....	9
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
3.1 BALANCEAMENTO DE LINHA.....	10
3.2 TEMPO DE CICLO.....	13
3.3 TAKT TIME.....	13
3.4 GBO - GRAFICO DE BALANCEAMENTO DE OPERADORES.....	17
4. METODOLOGIA.....	19
4.1 Classificação da Pesquisa.....	20
4.2. Coleta de dados.....	21
4.3. Etapas da pesquisa.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
5.1 Análise da linha antes do balanceamento.....	23
5.2 Análise da linha após o balanceamento.....	28
5.3 Comparação do antes e após execução do balanceamento.....	32
5.3.1 Aumento da produção.....	36
6. Desafios e implicações na mudança do ambiente de trabalho.....	37
6.1 Avaliação da eficiência da linha.....	37
6.2 Limitações da pesquisa e sugestões para futuros estudos.....	37
6.3 Impacto na produtividade e desempenho organizacional.....	37
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
REFERÊNCIAS.....	43

RESUMO

No panorama dinâmico da indústria, a otimização dos processos produtivos é crucial para a competitividade e eficiência organizacional. Nesse cenário, o balanceamento de linha emerge como uma estratégia fundamental para aprimorar a distribuição de tarefas, reduzir ociosidade e potencializar a utilização de recursos. Neste contexto, este trabalho teve por objetivo descrever a aplicação do balanceamento de linha para aprimorar a eficiência operacional nas linhas de produção de uma empresa do segmento de produção de automóveis. Para tal, foi realizada uma pesquisa com abordagem qualitativa e quantitativa, por meio de um estudo de caso numa montadora de automóveis, que apresentou um problema na sua linha de montagem dado um aumento de demanda e necessidade de rebalanceamento da linha. Com a aplicação de um estudo de balanceamento de linha, onde a linha precisava atingir uma capacidade produtiva de 12 carros por hora, com a aplicação do estudo de balanceamento foi possível não apenas o aumento da demanda, expressa pelo aumento da capacidade, mas também uma elevação da eficiência dos postos de trabalho e de toda a linha para algo em torno de 80%, o que antes era abaixo de 60% para os postos de trabalho. Isso demonstra ganho de eficiência, diminuição da ociosidade e aumento de produção.

Palavras-chave: Balanceamento de Linha, Eficiência Operacional, Linha de montagem, setor automobilístico.

ABSTRACT

In the dynamic industry panorama, the optimization of production processes is crucial for competitiveness and organizational efficiency. In this scenario, line balancing emerges as a fundamental strategy to improve the distribution of tasks, reduce idleness and enhance the use of resources. In this context, this work aimed to describe the application of line balancing to improve operational efficiency in the production lines of a company in the automobile production segment. To this end, research was carried out with a qualitative and quantitative approach, through a case study in a car manufacturer, which presented a problem on its assembly line due to an increase in demand and the need to rebalance the line. With the application of a line balancing study, where the line needed to reach a production capacity of 12 cars per hour, with the application of the balancing study it was possible not only to increase demand, expressed by the increase in capacity, but also a increasing the efficiency of jobs and the entire line to something around 80%, which was previously below 60% for jobs. This demonstrates gains in efficiency, reduced idleness and increased production.

Keywords: Line Balancing, Operational Efficiency, Process Optimization, Production Management.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Petrônio e Laugeni (2014), o balanceamento de linha implica na alocação específica de tarefas para cada estação de trabalho, visando minimizar os períodos de inatividade e os efeitos dos gargalos na produção. Tubino (2007) argumenta que o balanceamento de uma linha de produção envolve uma combinação lógica de atividades, onde cada operador desempenha apenas as operações necessárias para a produção em seu respectivo posto de trabalho.

Essencialmente, balancear uma linha de produção é ajustá-la de acordo com as demandas, de modo a maximizar a utilização de seus postos ou estações, com o intuito de uniformizar os tempos de trabalho para otimizar a eficiência dos operadores e das máquinas (ROCHA, 2005; MARTINS; LAUGENITI, 2015).

Com o intuito de obter resultados superiores, as empresas utilizam métodos para otimizar o uso de seus recursos disponíveis. Isso pode ser alcançado por meio do balanceamento de linha, o qual visa diminuir a inatividade de equipamentos e mão de obra (PEINADO; GRAEML, 2007). Segundo Moreira (2008), o propósito do balanceamento consiste em atingir a máxima eficiência ou minimizar a proporção de tempo ocioso.

A busca incessante por aprimoramento nas práticas de gestão e produção tem levado as organizações a explorarem estratégias que maximizem a eficiência operacional. Nesse cenário, o balanceamento de linha emerge como uma abordagem fundamental, conforme evidenciado por diversos estudiosos.

Diante desse contexto, o presente estudo propõe a apresentação da aplicação de um estudo de balanceamento de linha, considerando definições, objetivos e implicações práticas, segundo a teoria existente. O objetivo central é compreender como essa estratégia pode ser efetivamente aplicada para aprimorar a eficiência operacional no ambiente de produção de automóveis em uma empresa das 10 maiores do mundo, na qual o autor deste trabalho também é estagiário.

A justificativa para este estudo reside no fato da empresa receber uma demanda de um determinado cliente que fez uma solicitação para empresa aumentar a produção que antes era de 8 para 12 carros por hora, ou seja, o takt time da empresa havia aumentado para 12 carros/hora. Sendo assim foi necessário realizar o balanceamento de linha.

Após receber a solicitação do cliente para aumentar o número de carros produzidos por hora, foi necessário reestruturar o planejamento de produção na empresa em estudo. Anteriormente, a média de produção era de 8 carros por hora, mas foi necessário aumentar para 12 carros. Para atender a essa nova demanda, a linha de montagem foi adaptada. Após a análise, verificou-se que os 4 colaboradores existentes não seriam capazes de lidar com a nova carga de trabalho. Essa mudança implicou na redistribuição das tarefas entre os operadores, garantindo que a demanda fosse atendida adequadamente.

Apesar de ter sido feito um estudo inicial com 4 operadores, que conseguiu atender a 8 carros, ficou claro que o balanceamento dentro da linha não seria suficiente para atender à demanda crescente. Para garantir a eficiência da linha de produção, é importante continuar verificando a quantidade de operadores necessária, distribuindo as atividades entre eles e considerando a distribuição de tarefas em todas as etapas do processo.

Sendo assim para analisar a comparação antes e após o ajuste da produção foram seguidas as etapas propostas por Davis (2001) para implementação do balanceamento de linha, incluindo a especificação da relação sequencial entre tarefas e a avaliação da eficiência da linha, proporcionam um guia estruturado para empresas que buscam incorporar essa prática em seus processos produtivos.

Diante desse contexto, a presente pesquisa visa explorar e compreender a aplicação do balanceamento de linha como uma ferramenta estratégica para otimizar a eficiência operacional nas linhas de produção. Com base em diferentes perspectivas apresentadas por autores como Peinado e Graeml (2007), Martins e Laugeniti (2005), e Tubino (2007), pretende-se analisar os impactos do balanceamento de linha na distribuição equitativa de tarefas, na redução do tempo ocioso e na maximização do aproveitamento de recursos para o atendimento da demanda.

Além disso, a investigação buscará entender as implicações práticas do balanceamento de linha na saúde e segurança dos operadores, aspecto destacado por Peinado e Graeml (2007). Com base nas contribuições teóricas de autores como Davis (2001) e Dembogurski et al. (2008), a pesquisa também se propõe a verificar a relação entre o balanceamento de linha e indicadores de desempenho organizacional. Assim, esta introdução estabelece o contexto relevante para a pesquisa, apresentando as bases teóricas e a problemática que orientará a análise do

balanceamento de linha como estratégia para aprimorar a eficiência operacional na empresa em estudo.

Sendo assim, neste contexto, o presente trabalho formulou o seguinte problema de pesquisa: Como o balanceamento de linha pode ser aplicado para melhorar a eficiência operacional e a produtividade na empresa do segmento automobilístico?

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Apresentar a aplicação de um estudo de balanceamento de linha de montagem de uma empresa do segmento automobilístico.

2.1.2 Objetivos Específicos

1. Apresentar a descrição do processo produtivo da linha que passará por balanceamento;
2. Descrever a aplicação do estudo de balanceamento;
3. Comparar a eficiência antes e após execução do balanceamento de linha de modo a compreender como contribui para a redução do tempo ocioso.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O ESTUDO DO BALANCEAMENTO DE LINHA

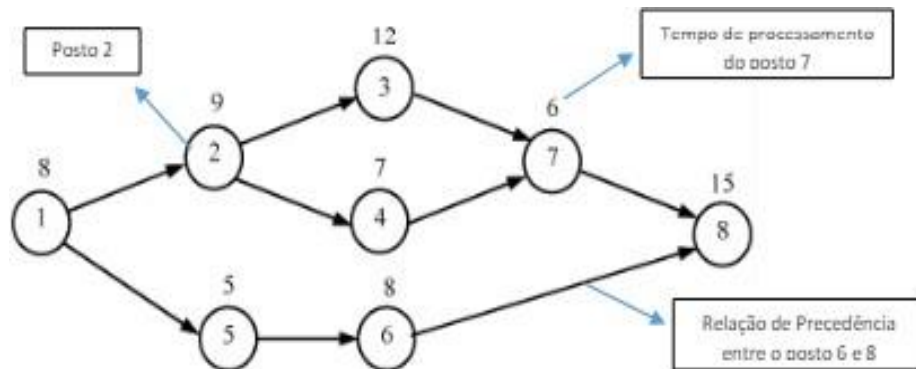
O balanceamento de linha é uma abordagem estratégica para a produção eficiente. A combinação lógica de ações, conforme descrito por Tubino (2007), destaca a importância de uma análise criteriosa das operações realizadas em cada posto de trabalho. Essa abordagem não apenas busca a igualdade de carga de trabalho, mas também visa otimizar cada etapa do processo, eliminando atividades desnecessárias e maximizando a contribuição de cada operador para a produção total. Essa abordagem visa eliminar desigualdades na carga de trabalho, minimizar tempos ociosos e, conseqüentemente, melhorar a produtividade geral da linha.

A implementação do balanceamento de linha tem um impacto positivo na dinâmica do ambiente de trabalho, promovendo mudanças na distribuição de funcionários e incentivando melhorias no trabalho em equipe. Dembogurski et al. (2008) destacam que a redistribuição de funcionários é uma consequência direta da técnica de balanceamento de linha, visando otimizar a eficiência operacional.

O Balanceamento de Linhas de Produção envolve a distribuição de tarefas em um posto de trabalho para minimizar o tempo de inatividade e garantir que as restrições de ordem sejam cumpridas (Becker & Scholl, 2006). Normalmente, é realizada durante alterações no processo de produção, como a inclusão ou exclusão de tarefas básicas, ou mudanças nos tempos de processamento das atividades.

Para equilibrar um processo, é crucial ter acesso ao diagrama de precedências, no qual os números dentro de círculos representam tarefas individuais, enquanto as setas entre eles indicam a sequência de execução. As tarefas devem seguir uma ordem específica. Os tempos de cada tarefa podem ser determinados por diversos métodos, como a cronoanálise, que é amplamente reconhecida. Somando os tempos de todas as tarefas em um determinado posto de trabalho, obtemos o tempo total do posto (Boysen, Fliedner e Scholl, 2007).

Figura 1 – Diagrama de precedência



Fonte: Boysen, (2007)

O balanceamento é uma prática amplamente empregada por diversas empresas, e há diversos aspectos cruciais associados a ela (Meyers & Stewart, 2011):

- 1- Harmonizar a carga de trabalho entre operadores ou departamentos é essencial. Se um operador pode produzir duas peças completas enquanto outro só consegue produzir uma, isso resulta em um excesso de estoque desnecessário. O mesmo princípio se aplica aos departamentos: se um departamento requer duas unidades e outro só produz uma unidade correspondente, sempre haverá um excesso de unidades. Portanto, é crucial equilibrar todos os operadores e/ou departamentos entre si.
- 2- Reconhecer o gargalo é fundamental. O operador ou departamento com o maior tempo de processamento é identificado como o bottleneck. Este ponto crítico requer atenção especial em termos de engenharia e supervisão para melhor alinhamento com os demais operadores ou departamentos.
- 3- Manter a consistência na velocidade da linha de produção é crucial. Todos os transportadores devem ser ajustados de acordo com as linhas de produção para garantir um fluxo rápido e eficiente dos produtos.
- 4- Definir o número adequado de postos de trabalho é essencial. Se a demanda dos clientes aumentar, é quase certo que o número de operadores também precisará aumentar para acompanhar a demanda.
- 5- Equilibrar a carga de trabalho entre os operadores é crucial. Isso ajuda a determinar a porcentagem de tempo que um posto de trabalho está ocupado

em comparação com o bottleneck. No passado, havia dois indicadores comuns para avaliar a qualidade do balanceamento de uma linha de produção. O Balance Delay mostrava o tempo em que a linha de produção estava parada e sem produzir, expresso como uma porcentagem do tempo total.

O balanceamento de linhas é uma ferramenta crucial em diversos aspectos industriais e uma das técnicas mais importantes empregadas em linhas de produção. É fundamental que o número de produtos de uma linha de produção corresponda ao balanceamento planejado para essa linha (Meyers & Stewart, 2011).

A proposta de balanceamento de linhas de produção tem ganhado cada vez mais adeptos devido às suas diversas vantagens associadas (Meyers & Stewart, 2011):

- a) Distribuição equitativa do trabalho entre todos os operadores;
- b) Identificação e mitigação das operações bottleneck;
- c) Manutenção da consistência na velocidade da linha de produção;
- d) Determinação do número ideal de postos de trabalho necessários;
- e) Equilíbrio da carga de trabalho entre os operadores;
- f) Apoio na otimização do layout da fábrica.

O objetivo principal do balanceamento de linha de produção é garantir que não haja grandes discrepâncias nos tempos de trabalho de cada operador. Isso só é alcançado quando todo o processo é dividido em várias operações elementares de trabalho e, em seguida, essas operações são atribuídas aos postos de trabalho de maneira equitativa em termos de tempo. Dessa forma, busca-se maximizar a eficiência da linha e evitar gargalos que possam prejudicar a produtividade.

Embora o balanceamento de linhas de produção seja uma ferramenta valiosa, não é uma solução universal para todos os problemas de produção. Questões como falta de peças, máquinas ou equipamentos indisponíveis e problemas de qualidade podem restringir a eficácia da linha de produção.

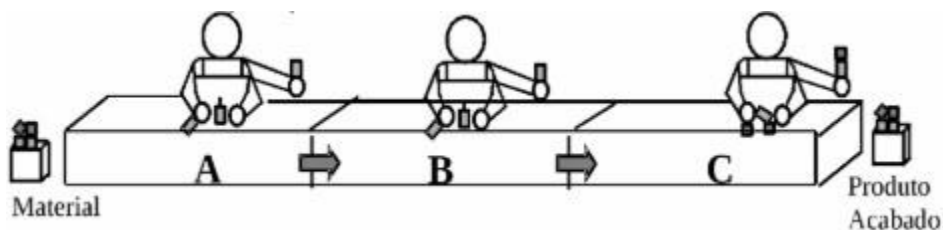
Portanto, é essencial que a linha seja flexível o suficiente para se adaptar a diferentes tipos de produtos sem comprometer sua capacidade produtiva, garantindo

assim a utilização eficiente dos recursos disponíveis. Para que se compreenda sobre a capacidade produtiva é imprescindível conhecer o tempo de ciclo do processo.

3.2 TEMPO DE CICLO NAS LINHAS DE PRODUÇÃO

Uma linha de produção é caracterizada como um conjunto produtivo composto por vários postos (ou estações) de trabalho, com um sistema de movimentação integrado para garantir um fluxo contínuo. Geralmente, as tarefas são distribuídas igualmente entre todos os postos de trabalho em termos de tempo, enquanto o produto é transportado sequencialmente de um posto para outro, passando por alterações até chegar ao último posto, que representa o produto da linha de produção (Becker & Scholl, 2006).

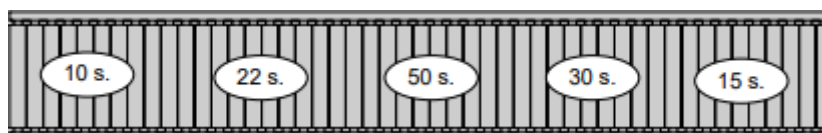
Figura 2 – Linha de produção esquematizada



Fonte: Meyers (2011)

Segundo Meyers (2011), o tempo de ciclo de um posto de trabalho é o período entre a produção de duas peças, sendo que em cada um destes períodos o operador realiza uma operação, de cada um dos elementos, que lhe compete e de uma forma sequencial. A Figura 3 também demonstra uma linha de produção com os tempos de ciclo.

Figura 3: Configuração de uma linha de produção com tempo de ciclo



Fonte: Peinado e Gramel (2007)

Na representação da linha de produção mostrada na Figura 3, o tempo mínimo de realização de cada etapa é de 50 segundos, que corresponde à atividade de execução mais demorada. Isso quer dizer que um produto é finalizado a cada 50 segundos. A atividade mais demorada estabelece o ritmo da produção e influencia a velocidade da linha, podendo levar a períodos de inatividade em determinadas estações de trabalho. Levando em conta que a estação de trabalho A inclui as duas primeiras atividades ($10s + 22s = 32s$), a estação B é responsável pela terceira atividade, com duração de 50 segundos (tempo de execução), e a estação de trabalho C é responsável pelas quarta e quinta atividades, totalizando $30s + 15s = 45s$, teríamos a seguinte configuração, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Montagem de estações de trabalho

ESTAÇÃO DE TRABALHO	ATIVIDADES	TEMPO DE TRABALHO (SEGUNDOS)	TEMPO TOTAL DISPONÍVEL (SEGUNDOS)	TEMPO OCIOSO (SEGUNDOS)
A	1 e 2 atividades	32	50	18
B	3 atividade	50	50	0
C	4 e 5 atividades	45	50	5

Fonte: adaptado Peinado e Gramel (2007).

Analisando a tabela 1, nota-se que a estação B é o ponto crítico da produção, levando à inatividade de 18 segundos na estação A e 5 segundos na estação C. Se considerarmos que essa linha de fabricação fosse composta por apenas uma estação de trabalho, o tempo máximo de ciclo seria a soma dos tempos de cada atividade individual, totalizando $10 \text{ segundos} + 22 \text{ segundos} + 50 \text{ segundos} + 30 \text{ segundos} + 15 \text{ segundos} = 127 \text{ segundos}$. Essa soma de todos os tempos das atividades individuais em uma linha de produção é chamada de lead time da linha, representando o tempo total desde a entrada do produto na linha até a sua saída.

Certamente, garantir o bom funcionamento de uma linha de produção envolve considerar vários pontos cruciais, incluindo mensurar o tempo de ciclo de cada etapa produtiva e a identificação do gargalo de produção e também:

1. Ajustar o número de operadores de acordo com a demanda, evitando tanto a falta quanto a sobreprodução;

2. Manter os postos de trabalho arrumados e limpos, com ferramentas de fácil acesso para os operadores;

3. Reduzir as distâncias entre os operadores e permitir que executem tarefas em pé, o que facilita o transporte das peças para o próximo posto e minimiza perdas de tempo (Suzaki, 2010).

Essas medidas contribuem para a eficiência e produtividade da linha de produção. Segundo Sarker e Pan (1998), em uma linha de produção, várias questões devem ser tratadas para aplicação de um estudo de balanceamento, tais como:

- i) Definir o tempo de ciclo;
- ii) Determinar o número de postos de trabalho;
- iii) Balancear a linha de produção;
- iv) Determinar a ordem de produção dos diferentes modelos (caso existam).

Portanto, com os tempos de ciclo das etapas em mãos, é viável realizar ajustes por meio de combinações de etapas para reduzir a inatividade e incrementar a eficiência dos recursos produtivos. Além disso, outro dado importante é o takt time, que será discutido a seguir.

3.3 TAKT TIME E A EFICIÊNCIA DA LINHA

O *takt time* (TT) é determinado com base na demanda do mercado, representando o ritmo de produção necessário para atender a essa demanda. Conforme afirmado por Liker (2005), o takt time é o tempo necessário para produzir uma peça, alinhado com o ritmo de vendas, de modo a satisfazer as necessidades dos clientes. Ele é calculado de acordo com a equação 3.

$$TAKT\ TIME = \frac{Tempo\ Disponível}{Demanda} \quad Eq. (3)$$

Como visto na Equação 3, o *takt time* é um indicador calculado levando em conta o tempo disponível e a demanda do produto. É importante ressaltar que o tempo disponível se refere à capacidade disponível, considerando as paradas programadas. Por exemplo, em uma linha de produção onde o tempo disponível é de 600 minutos e

a demanda diária é de 150 peças, o takt time é de 2 minutos, o que significa que a cada 2 minutos deve haver uma peça pronta no final do processo para atender à demanda.

Segundo Queiroz, (2005) existem três maneiras de administrar o *takt time*:

- a) Ajustando o tempo de produção disponível (quantidade ou duração dos turnos);
- b) Ajustando o número de produtos acabados produzidos em uma célula;
- c) Ajustando o número de células fabricando um determinado produto.

O número de postos de trabalho é calculado dividindo-se a soma de todas as operações individuais pelo *Takt Time*, conforme expresso na equação (4). O resultado dessa expressão indica o número mínimo de estações de trabalho necessário para atender à demanda do mercado (Sarker & Pan, 1998). Em outras palavras, representa o número mínimo de operadores necessários para garantir que a produção seja realizada dentro do *Takt Time*:

$$\text{Número mínimo de estações de trabalho} = \frac{\text{Soma dos tempos das tarefas individuais}}{\text{Takt Time}} \text{ Eq. (4)}$$

A partir da Equação 4, observa-se que o resultado da divisão entre o tempo total de ciclo e o *takt time* determina o número de postos de trabalho que a linha pode acomodar, contribuindo para uma proposta mais eficiente de balanceamento.

Por exemplo, em uma linha onde a soma dos tempos das operações seja de 320 segundos e o *takt time* seja de 32 segundos, o número necessário de operadores seria igual a 10. Isso significa que ao distribuir o trabalho total (320 segundos) em 10 postos de trabalho, é possível alcançar um balanceamento mais equilibrado.

Para determinar esses tempos, especialmente o tempo de ciclo, uma das técnicas mais comuns é a cronoanálise, uma ferramenta crucial para auxiliar nas decisões de balanceamento. Portanto, os conceitos dessa técnica serão abordados na próxima seção.

Driscoll e Thilakardana (2001) introduziram novos indicadores para avaliar o balanceamento em termos de eficiência. Eles propuseram dois novos conceitos: Eficiência da Linha (Line Efficiency) e Eficiência do Balanceamento (Balance Efficiency).

A Eficiência da Linha representa, em termos percentuais, a utilização da linha de produção, considerando aspectos econômicos, e é calculada pela fórmula (equação 5) (Driscoll & Thilakawardana, 2001). Quanto mais próximo de 100% for o valor da eficiência da linha, maior será a utilização dos recursos (Suzaki, 2010).

$$\text{Eficiência da Linha} = \frac{\text{Número mínimo de estações de trabalho}}{\text{Número de estações de trabalho}} \times 100 \text{ Eq. (5)}$$

Conforme Sarker e Pan (1998), outro indicador importante de uma linha de produção é a capacidade máxima de produção, que representa o número máximo de peças que a linha pode produzir. Para determinar essa capacidade, é essencial identificar o gargalo da linha de produção, que é o posto que limita a capacidade ou o desempenho do sistema. Com isso em mente, a capacidade pode ser calculada utilizando a fórmula da equação 6 proposta por Sarker e Pan (1998).

$$\text{Capacidade de Produção} = \frac{\text{Tempo disponível no período}}{\text{Tempo dos postos gargalos}} \text{ Eq. (6)}$$

3.4 GBO - GRAFICO DE BALANCEAMENTO DE OPERADORES E ANÁLISE DO BALACEAMENTO

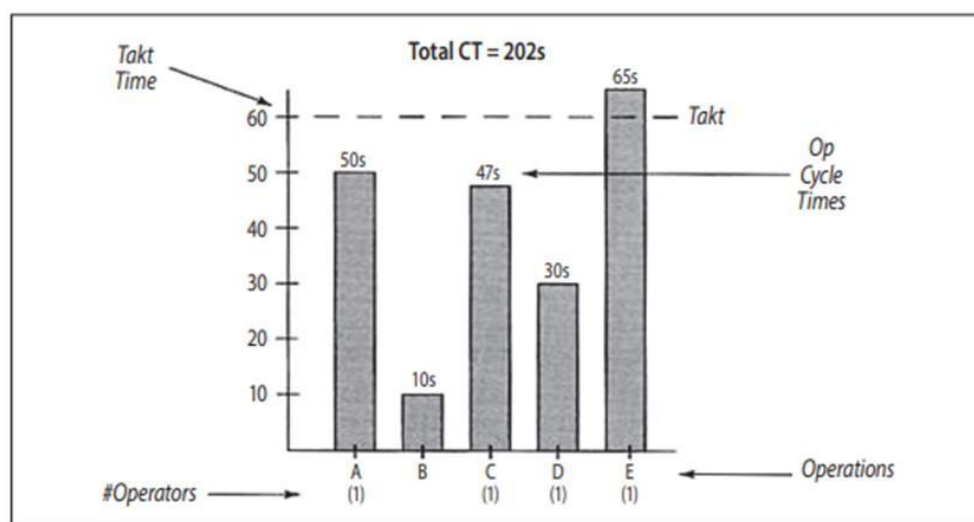
De acordo com o *Lean Enterprise Institute* (2007), o Gráfico de Balanceamento das Operações (GBO) é uma ferramenta gráfica que contribui para equilibrar as operações, garantindo melhoria contínua nos processos produtivos. Melo e Brito (2014) definem o Gráfico de Balanceamento de Operador (GBO) como uma representação gráfica de todos os postos de trabalho de uma linha de produção, de acordo com o tempo de ciclo de cada operação. Ele é utilizado para determinar quais tarefas cada operador deve realizar em seu posto de trabalho e demonstrar o desequilíbrio da linha de produção.

Nito (2010) explica que o Gráfico de Balanceamento de Operações (GBO) é uma ferramenta usada para ajustar a distribuição das tarefas e sincronizá-las com o tempo de ciclo ideal, visando otimizar o fluxo de produção. Ele destaca que o GBO é construído com base no tempo necessário para cada atividade, alinhado com o tempo de ritmo (*takt time*), com o propósito principal de harmonizar as operações em uma linha de produção ou célula. O autor também salienta a necessidade de revisar o GBO sempre que houver mudanças na capacidade da linha ou célula, enfatizando sua importância para manter a eficiência do processo.

O Gráfico de Balanceamento de Operadores (GBO), também conhecido como quadro Yamazumi, é uma ferramenta utilizada para designar as tarefas específicas de cada operador em sua estação de trabalho. As atividades são categorizadas em operações que agregam valor e operações que não agregam valor ao produto (GOMES et al., 2008).

Azevedo e Almeida (2019) explicam que o primeiro passo na elaboração de um GBO é cronometrar cada elemento de trabalho individualmente em toda a sequência de operações executadas pelo operador. A Figura 3 exemplifica um GBO, mostrando o takt time e os tempos de ciclo de maneira visual.

Figura 4 - Exemplo de gráfico de balanceamento dos operadores (GBO)



Fonte: Tapping et al (2002)

A Figura 3 ilustra como o GBO oferece uma forma de comparar o tempo de ciclo com o takt time. No exemplo fornecido, o tempo de ciclo total de todos os operadores é de 202 segundos, enquanto o tempo de ciclo do gargalo é de 65

segundos, o que se pode-se afirmar que neste processo existe capacidade suficiente no processo para atender a demanda do takt time.

4. MÉTODO DE PESQUISA

Nesta seção são descritos a classificação do método de pesquisa adotado neste trabalho e as ferramentas que foram utilizadas para a obtenção dos dados para a realização da pesquisa.

4.1 Classificação da Pesquisa

A pesquisa foi classificada segundo a taxonomia de Marconi e Lakatos (2011). Para a pesquisa descrita neste trabalho a classificação foi como sendo qualitativa, por ser baseada em fatos e a sua mensuração ser pressuposta pelo próprio método; com relação aos objetivos a pesquisa pode ser considerada descritiva, pois visa descrever e caracterizar detalhadamente o fenômeno estudado, permitindo uma compreensão aprofundada dos elementos envolvidos no balanceamento de linha na produtividade das organizações.

A opção pela abordagem qualitativa e quantitativa justifica-se pela necessidade de mensurar e analisar dados qualitativos sobre os tempos de ciclo, demanda e takt time.

Quanto aos objetivos, a pesquisa se classificou como descritiva, uma vez que busca apresentar uma análise detalhada do balanceamento de linha, destacando suas características e aspectos relevantes. Essa abordagem descritiva será essencial para proporcionar uma visão abrangente do tema, contribuindo para a compreensão do fenômeno em estudo. Assim, a pesquisa adota uma postura observacional e analítica, coletando dados quantitativos para avaliar o impacto do balanceamento de linha na produtividade na organização em estudo. Essa combinação de abordagens permitirá uma investigação abrangente e fundamentada sobre o tema proposto.

4.2. Coleta de dados

Para a coleta de dados buscam-se informações necessárias para alcançar os objetivos propostos. Foram realizados as seguintes atividades para a coleta de dados:

1. Na etapa de mapeamento do processo foram levantadas as informações base da atual situação da linha de produção (quantidade de operadores e de postos de trabalho, atividades realizadas em cada posto de trabalho, assim como os

tempos, e demanda estabelecida). O mapeamento foi realizado através de observações da participante *in loco* e entrevistas informais com os operadores. as Informações foram coletadas através de entrevistas informais com o supervisor, monitor e coordenador do setor da classificação onde ficam alocadas as linhas;

2. Cronometragem do estado atual para construir GBO realizando 20 medições de tempo nos três postos de trabalho na linha de montagem onde foi utilizado o segundo menor tempo. Todas as informações foram armazenadas em uma planilha de Excel. Dessa forma possibilitou a análise dos tempos dos postos de trabalho e construção do gráfico de balanceamento operacional (GBO) para melhor visualização do balanceamento;
3. O Levantamento de propostas para melhorar o balanceamento da linha: foram realizadas reuniões com o time multidisciplinar para verificar as melhores alternativas de realocação de atividades de modo a garantir a melhor alternativa para atender a demanda solicitada;
4. Verificou se o teste do funcionamento da linha de produção após o balanceamento garantiu o atendimento da demanda do cliente solicitada e com isso pode comparar também a eficiência antes e após execução do balanceamento de linha. Para isso, efetuou-se o mesmo procedimento realizado da etapa de cronometragem realizada anteriormente comparando os resultados obtidos através de gráficos.

4.3 Etapas da pesquisa

A implementação eficaz do balanceamento de linha envolve um conjunto estruturado de etapas que visam otimizar a distribuição de tarefas ao longo da linha de produção. Para efetuar o balanceamento de linha foi seguido a análise de Davis (2001), para verificar a situação atual do posto e efetuar o balanceamento para atender a demanda solicitada.

Logo, foi realizada a relação sequencial entre as tarefas, com um diagrama de precedência, demonstrando a sequência das relações entre os postos e os seus respectivos tempos de ciclo. Davis (2001) propõe um modelo composto por seis etapas, fornecendo uma estrutura abrangente para orientar o processo:

A primeira etapa, crucial para o sucesso do balanceamento de linha, é a determinação do tempo de ciclo. Isso envolve a análise minuciosa dos tempos necessários para a conclusão de cada tarefa em diferentes postos de trabalho. Estabelecer um tempo de ciclo realista é fundamental para garantir que a linha opere de maneira eficiente, sem sobrecarregar os operadores.

A segunda etapa refere-se à identificação das tarefas específicas que compõem o processo de produção. Cada atividade é analisada quanto à sua complexidade, requisitos de habilidade e tempo de execução. Essa desagregação de tarefas fornece uma compreensão detalhada do escopo do trabalho, preparando o terreno para a alocação eficiente.

Com as tarefas identificadas, a terceira etapa consiste na alocação das atividades a postos de trabalho específicos. Aqui, é essencial considerar as habilidades dos operadores, a variedade de tarefas e a distribuição uniforme para evitar gargalos e desequilíbrios. A quarta etapa envolve a análise do balanceamento proposto, avaliando a distribuição de tarefas em relação ao tempo de ciclo determinado. Essa análise permite ajustes refinados para otimizar ainda mais a eficiência da linha.

A quinta etapa é a implementação efetiva do balanceamento de linha, incorporando as alterações propostas nas etapas anteriores. Durante essa fase, é crucial monitorar o desempenho da linha e realizar ajustes conforme necessário para garantir uma transição suave.

A última etapa, apresentada por Davis (2001), destaca a avaliação contínua da eficiência da linha. A implementação do balanceamento não é um processo estático; portanto, a análise contínua é essencial para identificar oportunidades de melhoria e garantir a manutenção da eficácia operacional ao longo do tempo.

Essas seis etapas formam um roteiro abrangente para implementar o balanceamento de linha com sucesso. Cada fase desempenha um papel crucial na garantia de uma distribuição equilibrada de tarefas, otimizando assim a eficiência do processo produtivo. A abordagem sistemática proposta por Davis proporciona uma estrutura valiosa para as organizações que buscam implementar o balanceamento de linha de maneira eficiente e sustentável.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise da linha antes do balanceamento

Para realizar o balanceamento, foram coletados os 20 tempos de montagem de cada posto e utilizado o segundo menor tempo. Para uma precisão ainda maior, foi necessário verificar as atividades realizadas em cada posto e levantar os tempos de execução de cada atividade individualmente. Essa análise permitiu identificar oportunidades de otimização, como a possibilidade de transferir atividades entre postos para melhorar a eficiência da linha, considerando as atividades limitadas aos postos de trabalho. Foi considerado o segundo menor tempo para o preenchimento das tabelas e desenvolvimento dos cálculos.

Tabela 2 - Atividade realizadas do operador 1 no posto 1 considerando o tempo de ciclo

OPERADOR 1 - POSTO 1	
ATIVIDADE REALIZADA	TEMPO (s)
RETIRAR LOWER DO DISPOSITIVO E ABASTECER A ESTEIRA	10
POSICIONAR LOWER NO DISPOSITIVO	90
POSICIONAR FOG BEZEL, SKID COVER E SKID PLATE NA BANCADA	109
ABASTECER ITENS NO DISPOSITIVO	38
tempo de ciclo OP 1	247

Fonte: Coleta de dados (2024).

Tabela 3 - Atividade realizadas do operador 2 no posto 2 considerando o tempo de ciclo

OPERADOR 2 - POSTO 2	
ATIVIDADE REALIZADA	TEMPO (s)
ABASTECER GRADE NA BANCADA	103
ABASTECER APLIQUES NA BANCADA	195
ABASTECER GRADE, SIDES E LOWER NO DISPOSITIVO	102
tempo de ciclo OP 2	400

Fonte: Coleta de dados (2024).

Tabela 4 - Atividade realizadas do operador 3 no posto 3 considerando o tempo de ciclo

OPERADOR 3 - POSTO 3	
ATIVIDADE REALIZADA	TEMPO (s)
RETIRAR BUMPER DO DISPOSITIVO E POSICIONAR NA BANCADA	15
EFETUAR PARAFUSAMENTO	35
INSERIR SHOE CLIPS E PORCA J	118
ABASTECER AIR DAN NA BANCADA	74
RETIRAR PEÇA DA BANCADA E ABASTECER O WCG	30

tempo de ciclo OP 3	272
---------------------	------------

Fonte: Coleta de dados (2024).

Tabela 5 - Atividade realizadas do operador 4 no posto 3 considerando o tempo de ciclo

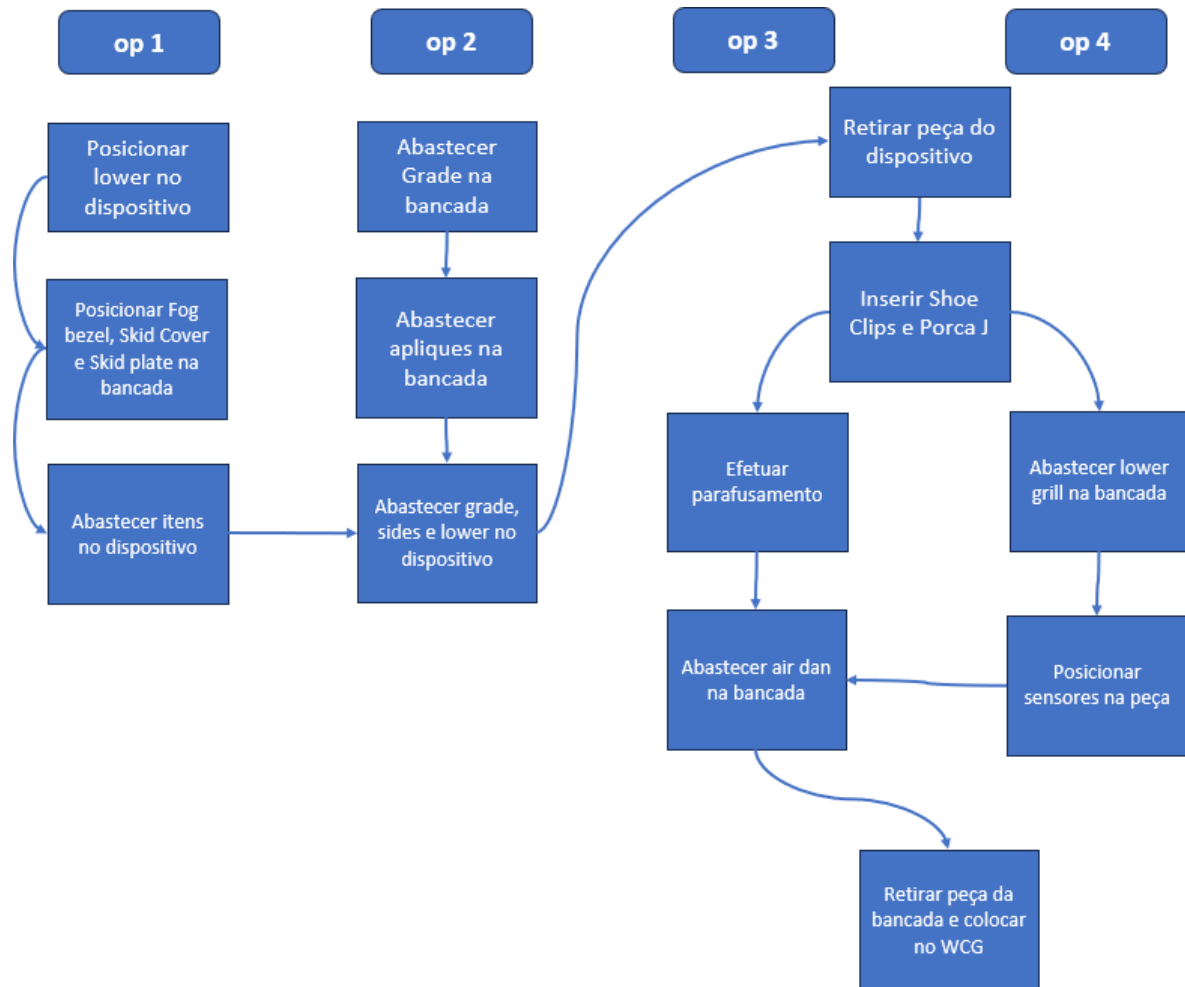
OPERADOR 4 - POSTO 3	
ATIVIDADE REALIZADA	TEMPO (s)
RETIRAR BUMPER DO DISPOSITIVO E POSICIONAR NA BANCADA	15
ABASTECE LOWER GRILL NA BANCADA	16
POSICIONAR OS SENSORES NA PEÇA	44
INSERIR SHOE CLIPS E PORCAS J	118
EFETUAR REBITAGEM DO AIR DAN	40
RETIRAR PEÇA DA BANCADA E ABASTECER O WCG	30

tempo de ciclo OP 4	263
---------------------	------------

Fonte: Coleta de dados (2024).

Uma linha desbalanceada geralmente opera na velocidade da operação mais lenta. Isso significa que, mesmo que alguns postos de trabalho estejam mais rápidos, a produção total será limitada pela etapa mais demorada. Isso resulta em uma redução significativa na eficiência da linha como um todo. A operação gargalo é aquela que determina a taxa de produção global da linha. Se essa operação for mais lenta devido ao desbalanceamento, toda a linha será subordinada a essa taxa mais baixa, comprometendo a capacidade total de produção.

Em virtude da solicitação do aumento da demanda do cliente, iniciou-se a construção do projeto que visava o balanceamento dos postos de trabalho e aumento da produtividade nas linhas de produção. Dessa forma, foi realizado o mapeamento do processo de pré-montagem de um *bumper*. Como demonstrado na figura 4, a seguir:

Figura 5 - Mapeamento de processo de pré-montagem de um *bumper*

Fonte: Autoria própria (2024)

Para atender a demanda do cliente de 8 carros/hora a linha estava rodando conforme o diagrama apresentado na figura 4. Com um operador no posto 1, um operador no posto 2 e dois operadores no posto 3, e os tempos de ciclo de cada posto como apresentado. Para encontrar o tempo de ciclo limite que cada estação de trabalho deve possuir para atender a demanda. Dividindo-se o valor de uma hora em segundos pela demanda, e obtemos o valor:

$$\frac{3600}{8} = 450 \text{ segundos}$$

Com isso nosso Tempo de Ciclo limite (*takt time*) é 450 segundos. Portanto, nenhuma das nossas estações de trabalho devem ultrapassar esse valor. Verificando-

as vemos que os resultados obtidos atualmente atendam a demanda de 8 carros por hora pois o tempo de ciclo do posto gargalo é 400 segundos e não ultrapassa o *takt time*.

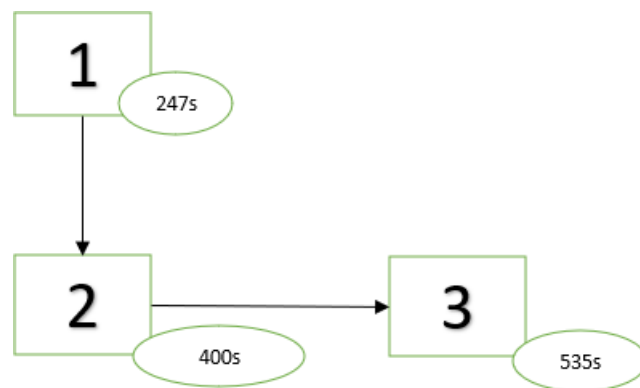
OP 1 → 247s

OP 2 → 400s

OP 3 → 272s

OP 4 → 263s

Figura 6 – Diagrama de precedência



Fonte: Autoria própria (2024)

Para calcular a eficiência da linha atual devemos encontrar número mínimo teórico de estações de trabalho (N_1), para calcular foi dividido o tempo de ciclo geral da linha pelo *takt time*.

$$\text{Tempo de ciclo geral} = \text{OP 1} + \text{OP 2} + \text{OP 3} + \text{OP 4}$$

$$TC_{\text{geral}} = 247 + 400 + 272 + 263 = 1182 \text{ s}$$

$$N_1 = \frac{1182}{450} = 2,63$$

Portanto a eficiência geral do sistema no atual esquema de trabalho para atender a demanda de 8 carros/hora do cliente foi dada por:

$$\frac{\text{Número de operadores teóricos}(N)}{\text{Número de operadores Reais}} = \frac{2,63}{4} = 0,656 = 65,6 \%$$

Verificando a eficiência para cada operador para efetuarmos a comparação após o balanceamento, temos:

Eficiência vai ser dada por $\rightarrow \frac{\text{Tempo de ciclo de cada operador.}}{\text{Takt time}}$.

$$\text{OP 1} \rightarrow \frac{247}{450} = 0,55 = 55 \%$$

$$\text{OP 2} \rightarrow \frac{400}{450} = 0,89 = 89 \%$$

$$\text{OP 3} \rightarrow \frac{272}{450} = 0,60 = 60 \%$$

$$\text{OP 4} \rightarrow \frac{263}{450} = 0,58 = 58 \%$$

A capacidade de produção máxima da linha nesta configuração é determinada pela análise do posto gargalo, que neste caso é o posto 2, com um tempo de ciclo de 400 segundos para produzir uma peça. Dividindo uma hora em segundos pelo tempo de ciclo do posto gargalo, podemos calcular a capacidade máxima de produção:

$$\frac{3600}{400} = 9 \text{ carros/hora}$$

Além disso, verificamos que todas as estações estavam ociosas, indicando a necessidade de balanceamento de linha mesmo antes da solicitação de aumento da demanda.

$$\text{Ociosidade} = \text{Tempo do posto gargalo} - \text{tempo do posto}$$

$$\text{Ociosidade OP 1} \rightarrow 400 - 247 = 153\text{s}$$

$$\text{Ociosidade OP 2} \rightarrow 400 - 400 = 0\text{s}$$

$$\text{Ociosidade OP 3} \rightarrow 400 - 272 = 128\text{s}$$

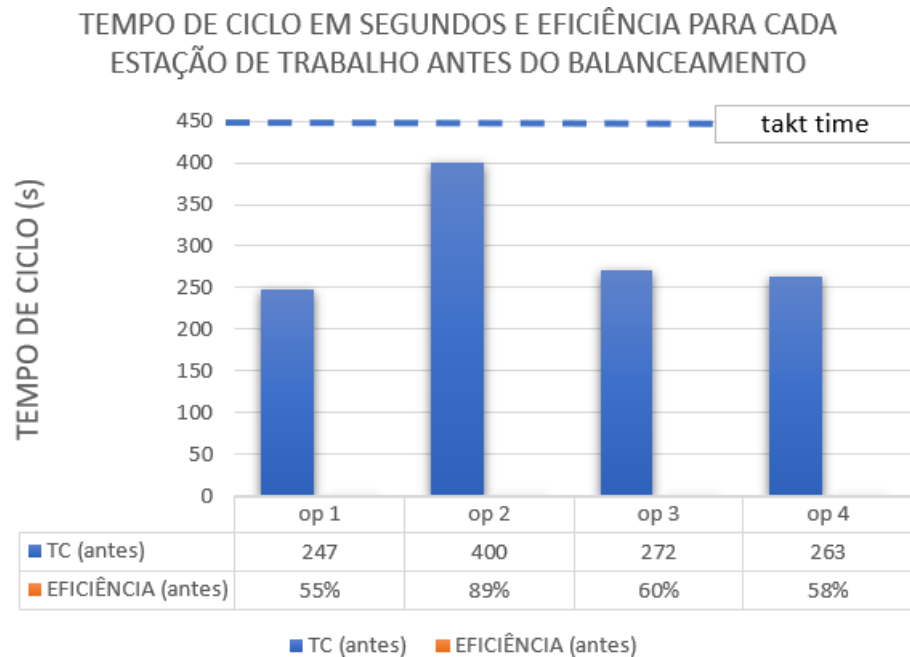
$$\text{Ociosidade OP 4} \rightarrow 400 - 263 = 137\text{s}$$

$$\text{Ociosidade total da linha} = 100\% - \text{eficiência da linha}$$

$$\text{Ociosidade total da linha} = 100\% - 65,6\% = 34,4 \%$$

Posteriormente, poderemos comparar a eficiência da linha antes e depois do balanceamento, assim como a ociosidade de cada operador e a ociosidade total da linha.

Figura 7 – GBO da situação antes do balanceamento



Fonte: Autoria própria (2024).

5.2 Análise da linha após o balanceamento

Como a empresa tinha uma demanda de 8 carros/hora estaríamos atendendo a produção, porém com uma baixa eficiência. Foi solicitado um aumento da demanda de 8 carros/hora para 12 carros/hora, portanto foi feito o mesmo estudo mostrado anteriormente para uma configuração que atendesse 12 carros/hora. Para atender a demanda, o novo *takt time* foi de:

$$Tt = \frac{3600}{12} = 300 \text{ segundos}$$

Portanto, nenhum dos nossos postos após efetuar o balanceamento deve ultrapassar o valor de 300 segundos. Utilizando o TC_{geral} dado anteriormente para efetuar o novo cálculo do número mínimo de estações de trabalho (N_2), temos:

Tempo de ciclo geral = 1182 s

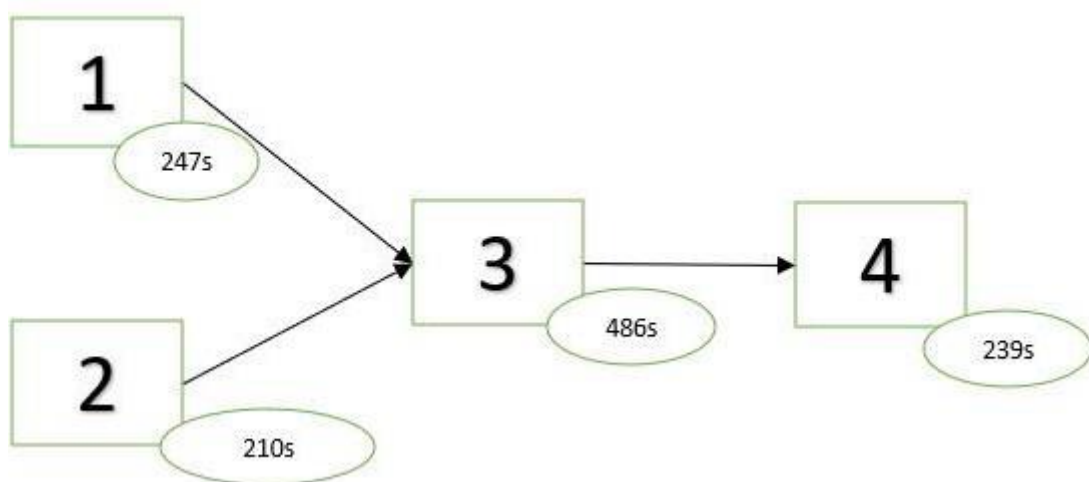
Takt time = 300 s

$$N_2 = \frac{1182}{300} = 3,94$$

Portanto, o número mínimo de estações de trabalho seria 4 estações de trabalho. Porém, devido a configuração atual da linha não conseguimos utilizar apenas 4 estações de trabalho, pois não há como transpor atividades do nosso atual posto gargalo que é o posto 2 para o posto 1, e se a distribuição for feita só para o posto 3 as estações de trabalho ultrapassam o *Takt Time* não conseguindo atender a demanda do cliente, então se fez necessário a utilização de mais um operador e para melhor distribuição foi criada uma bancada de transição entre o atual posto 2 e o posto 3, aumentando assim um posto de trabalho. Portanto temos a seguinte configuração:

Figura 8 – Diagrama de precedência da linha após o balanceamento

Posto 1 → Posto 2 → Posto 3 (novo posto) → posto 4 (antiga bancada no posto 3).



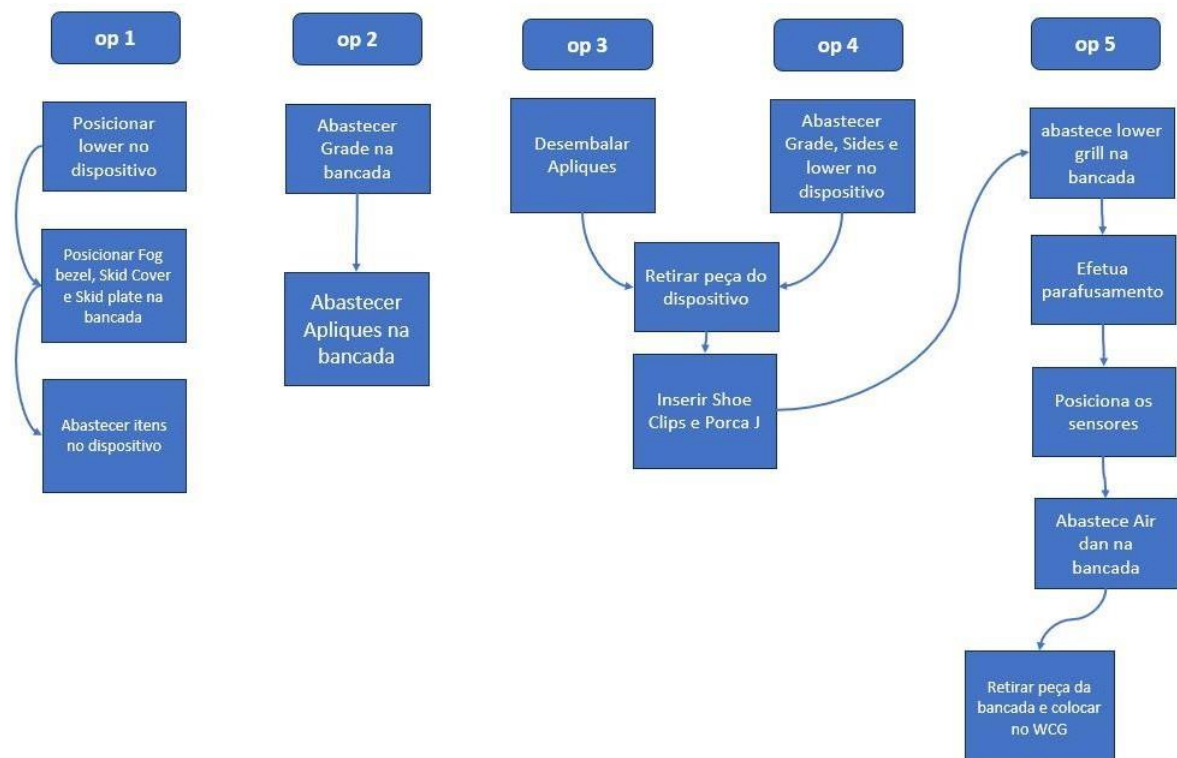
Fonte: Autoria própria (2024)

Nessa nova configuração obteve-se os seguintes resultados:

O Posto 1, 2 e 4 com um único operador cada e o posto 3 com dois operadores, totalizando 5 estações de trabalho, portanto 5 operadores. Logo, foi realizado as seguintes alterações para alcançar esses tempos:

- No posto 1 não teve modificação;
- No posto 2 as atividades de desembalar os apliques e abastecimento dos itens no dispositivo foram remanejados para os operadores 3 e 4 respectivamente.
- No Posto 3 foi incrementado uma nova bancada para efetuar posicionamento dos *Shoe Clips* e porcas J
- No Posto 4 estão as operações do antigo posto 3, que são as atividades que necessitam da bancada para serem realizadas, conforme o mapeamento de processo apresentado a seguir. As operações foram obtidas da seguinte forma:

Figura 9 - Mapeamento de processo da nova configuração



Fonte: Autoria própria (2024)

Tempo de Ciclo de cada operador:

OP 1 → 247 s

OP 2 → 210 s

OP 3 → 251 s

OP 4 → 235 s

OP 5 → 239 s

Portanto a eficiência geral do sistema no atual esquema de trabalho após o balanceamento para atender a demanda de 12 carros/hora do cliente é dado por:

$$\frac{\text{Número de operadores teóricos } (N_2)}{\text{Número de operadores Reais}} = \frac{3,94}{5} = 0,788 = 78,8 \%$$

Verificando a eficiência para cada operador, temos:

$$\text{OP 1} \rightarrow \frac{247}{300} = 0,82 = 82 \%$$

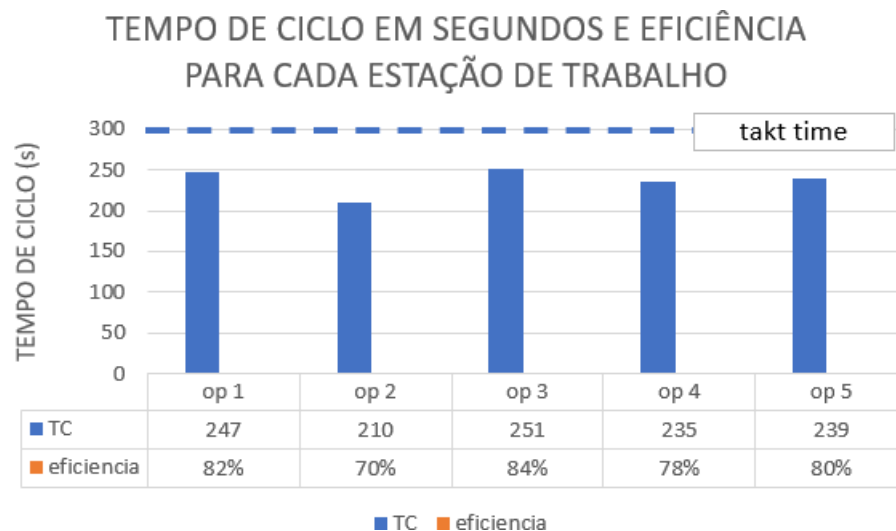
$$\text{OP 2} \rightarrow \frac{210}{300} = 0,70 = 70 \%$$

$$\text{OP 3} \rightarrow \frac{251}{300} = 0,84 = 84 \%$$

$$\text{OP 4} \rightarrow \frac{235}{300} = 0,78 = 78 \%$$

$$\text{OP 5} \rightarrow \frac{239}{300} = 0,80 = 80 \%$$

Figura 10 – GBO da situação após o balanceamento



Fonte: Autoria própria (2024)

A estação de trabalho gargalo se torna o operador 3, com o tempo de ciclo de 251 segundos, dividindo uma hora em segundos pelo tempo de ciclo do posto gargalo conseguimos ver a capacidade máxima de produção após o balanceamento:

$$\frac{3600}{251} = 14,3 \text{ carros/hora}$$

Calculamos novamente as ociosidades para conseguir fazer a comparação do antes e depois do balanceamento.

Ociosidade: Tempo do posto gargalo – tempo do posto

Ociosidade OP 1 → 251 – 247 = 4 s

Ociosidade OP 2 → 251 – 210 = 41 s

Ociosidade OP 3 → 251 – 251 = 0 s

Ociosidade OP 4 → 251 – 235 = 16 s

Ociosidade OP 5 → 251 – 239 = 12 s

Ociosidade total da linha após o balanceamento = 21,2%

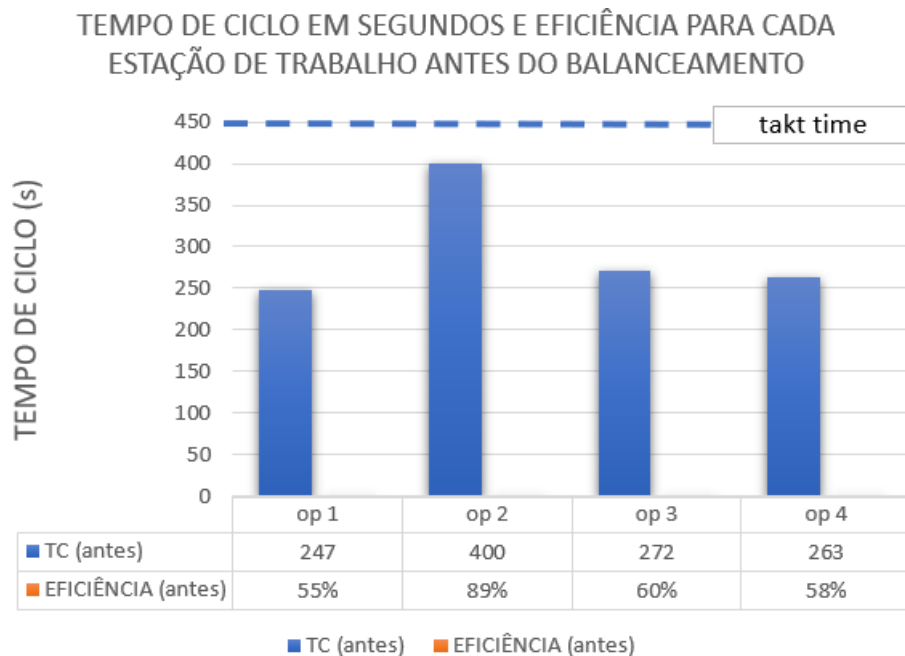
Com isso nossa capacidade de produção passa a ser 14 carros/hora atendendo a demanda solicitada pelo cliente de 12 carros/hora.

5.3 Comparação do antes e após execução do balanceamento

Pode-se observar que houve um aumento da capacidade produtiva de 9 carros/hora para 14 carros/hora. Além disso, houve um aumento da eficiência geral do sistema, onde a eficiência antes do balanceamento era de 65,6 % após o balanceamento passou a ser 78,8 %. Portanto houve um ganho de aproximadamente 13,2% de eficiência.

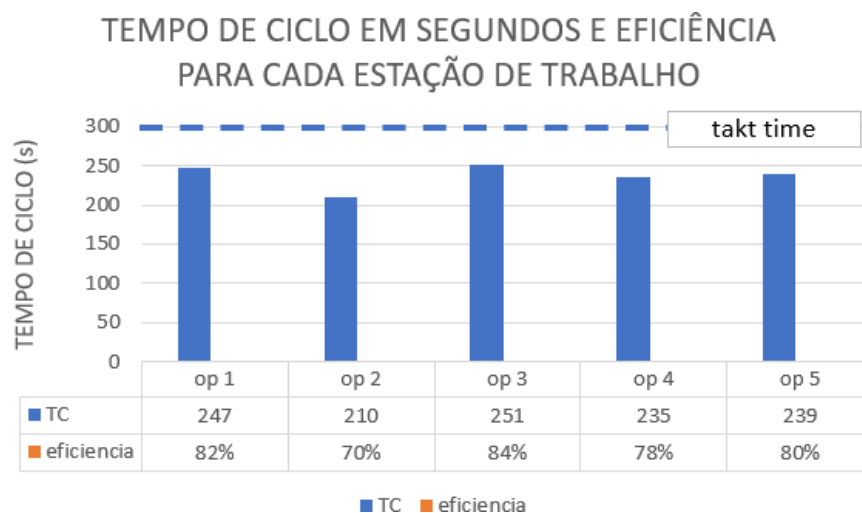
Logo, foi observado uma diminuição na ociosidade de todos os operadores, e na ociosidade total da linha, onde antes do balanceamento estávamos com 34,4% passou a ser 21,2%, uma diminuição de aproximadamente 13,2% de ociosidade, diminuindo assim a sobrecarga em um único posto. Ao observar e analisar os gráficos dos tempos de ciclo de cada operação, antes e depois do balanceamento podemos verificar o avanço obtido.

Figura 11 – GBO com análise de eficiência da linha antes do balanceamento



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 12 – GBO com análise de eficiência da linha após o balanceamento



Fonte: Autoria própria (2024)

A implementação do balanceamento de linha não apenas reconfigura a eficiência operacional, mas também promove uma transformação significativa no ambiente de trabalho. O balanceamento de linha visa otimizar a utilização da mão de obra, distribuindo as tarefas de maneira equitativa entre os operadores. Isso não

apenas reduz os tempos ociosos, mas também assegura que cada operador esteja contribuindo efetivamente para o processo produtivo, maximizando assim o retorno do investimento em recursos humanos. Dentre os ganhos advindos de um balanceamento pode-se citar o aumento da produção.

Desta forma, com a distribuição equilibrada de tarefas, a linha opera de maneira mais eficiente e na sua capacidade máxima. Isso resulta em um aumento significativo na produção sem a necessidade de investimentos substanciais em novos recursos, proporcionando uma maneira eficaz de melhorar a eficiência.

Esses impactos combinados demonstram como o balanceamento de linha pode ser uma estratégia eficaz para o melhor aproveitamento de recursos. Ao otimizar a utilização da mão de obra e materiais, as organizações podem alcançar uma produção mais eficiente e econômica, fortalecendo assim sua posição competitiva no mercado.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo abordou o balanceamento de linha na gestão da produção, explorando sua evolução, conceitos fundamentais, impactos e etapas de implementação. Os resultados destacam a importância contínua dessa prática, evidenciando benefícios como o atendimento da demanda, a redução do tempo ocioso e uma utilização mais eficiente dos recursos.

Os dados coletados evidenciaram uma significativa otimização de tempo nos processos produtivos após a implementação do balanceamento de linha. A distribuição equitativa das tarefas entre os postos de trabalho resultou em tempos de operação mais uniformes, minimizando ociosidades e aumentando a eficiência global. Esses resultados corroboram com as observações de autores como Peinado e Graeml (2007) e Martins e Laugeniti (2005), que destacam a importância do balanceamento na busca por tempos aproximadamente iguais.

Na prática, o balanceamento de linha surge como uma estratégia valiosa para melhorar a eficiência operacional, impactando positivamente a produtividade e a satisfação dos colaboradores. Teoricamente, o estudo contribui para a consolidação do conhecimento nessa área, oferecendo uma visão abrangente e crítica.

No trabalho com a aplicação do estudo de balanceamento foi possível não apenas o aumento da demanda, expressa pelo aumento do takt time de 12 carros/hora, mas também uma elevação da eficiência dos postos de trabalho e de toda

a linha para algo em torno de 80%, o que antes era abaixo de 60% para os postos de trabalho da linha. Isso demonstra ganho de eficiência, diminuição da ociosidade e aumento de produção.

Assim, a avaliação dos resultados obtidos destaca a estreita relação entre o balanceamento de linha e os indicadores de desempenho organizacional. Observa-se uma melhoria significativa na eficiência operacional, traduzida em maior produtividade e otimização dos recursos.

Sugere-se que pesquisas futuras explorem a flexibilidade do sistema de produção, integrem o balanceamento de linha à qualidade do produto e inovação, analisem sua influência na satisfação do cliente e conduzam estudos de caso em setores específicos. O balanceamento de linha desempenha um papel crucial na gestão eficiente da produção, e o avanço do conhecimento nessa área promete contribuir para melhorias práticas e teóricas significativas.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Daniel C. Medida do tempo. (Numa) Engenharia de Métodos. Disponível em:

http://www.numa.org.br/sep451/Documentos/A004_MedidaDoTempo_v9_imp_P.pdf

Azevedo, M. M.; Almeida, E. S. Balanceamento de uma linha de manufatura integrando análise gbo e simulação computacional: estudo de caso em uma empresa de linha branca. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 15, nº 1, jan-mar/2019, p. 210-230

BARNES, R. M. Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho. 6. ed. São Paulo: Blucher, 1977.

CARDIAL, H. F.; ROCHA, S. P. B.; GOMES, C. A. Balanceamento de linha como estratégia para melhoria do desempenho de produção em uma empresa de artigos eletroeletrônicos de Sergipe. Revista Gestão e Planejamento, Salvador, v. 18, p. 73-96, jan./dez. 2017.

CARVALHO, Luis Osete Ribeiro et al.,. **METODOLOGIA CIENTÍFICA TEORIA E APLICAÇÃO NA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA**. Petrolina-PE, 2019, ISBN: 978-85-6038291-0.

DAVIS, Mark; AQUILANO, Nicholas; CHASE Richard, Fundamentos da Administração da Produção. Porto Alegre: Bookman, 2001.

DE MELO, Diego Jean; BRITO, Jorge Nei. Utilização do método MTM-UAS como ferramenta de análise e aumento de produtividade. 2014.

DEMOGURSKI, R. A.; OLIVEIRA M. de; NEUMANN C. Balanceamento de Linha de Produção. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_sto_069_490_11644.pdf . Acesso em: 10/09/2022.

FERNANDES, Flávio César F. and DALALIO, Andréia Gisele. Balanceamento e rebalanceamento de Linhas de Montagem operadas por Grupos de Trabalho Autogerenciados. Gestão e Produção, vol.7, no. 3, p.378-398, 2000.

GOMES, J. E.; OLIVEIRA, J. L.; ELIAS, S. J.; BARRETO, A. F.; ARAGÃO, R. L. Balanceamento de linha de montagem na indústria automotiva – Um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28, 2008. Anais... Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. Léxico Lean. Tradução de Lean Institute Brasil. 2. ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2007.

LEAN INSTITUTE BRASIL. Léxico Lean: Glossário Ilustrado para praticantes do pensamento Lean. São Paulo. 2003.

LIKER, Jeffrey K. O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MARTINS, P. G.; LAUGENI F. P. Administração da Produção. 8. ed. São Paulo: Saraiva. 2005

MOREIRA, Daniel Augusto. Administração da produção e operações. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MORTIMER, A. A lean route to manufacturing survival. Journal Assembly Automation, Manchester, v. 26, n. 4, p. 265-272, 2006

NITO, L. C. Aplicação do trabalho padronizado com foco na produtividade: um estudo de caso em uma empresa do setor automotivo. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/93854>. Acesso em 10 de outubro de 2023

OHNO, Taiichi. O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997

OLIVEIRA, Cassia Luciana Pfister Alves. Análise e controle da produção em empresa têxtil, através da cronoanálise. 2009

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção:** operações industriais e serviços. Curitiba: [s. n.], 2007.

PETRÔNIO, G.; LAUGENI, M. F.P. Administração da Produção. 3ªedição. Brasil. Editora Saraiva. 2005.

ROCHA, Duílio Reis da. Balanceamento de linha – um enfoque simplificado. Revista de Administração e Contabilidade Faculdade 7 de Setembro, Vol. 2 n° 01, 2005. Acessado em 5 de outubro de 2022

ROTHER, Mike; HARRIS, Rick. Criando o Fluxo Contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.

SCHOLL, A.; BECKER, B. C. State of the art exact heuristic solution procedures for simple assembly line balancing. European Journal of Operations Research, volume 168, Edição 3, Páginas 666-693, 2006

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção.** 2. ed. [S. l.: s. n.], 2002.

SOTSEK, N.; BONDUELLE, G. Melhorias em uma empresa de embalagens de madeira através da utilização da cronoanálise e rearranjo de layout. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 46, n. 4, p.519-530, DOI: 10.5380, ISSN eletrônico 1982-4688, 2016.

SOUTO, M. S. M. Lopes. Apostila de Engenharia de métodos. Curso de especialização em Engenharia de Produção – UFPB. João Pessoa. 2002.

SUGAI, Miguel. Avaliação do uso do MTM (Methods-Time Measurement) em uma empresa de metal-mecânica. 2003. 115 f. Dissertação de mestrado (Mestre em Engenharia mecânica)-Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SWANN, Ken. Techniques for production efficiency. London: MacMillan, 1973. 192p

TAPPING, D.; LUUYSTER, T.; SHUKER, T. Value Stream Management: eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements. Productivity Press. New York, 2002. 169p.

TOLEDO Jr, Itys Fides Bueno e KURATOMI, Shoei. Cronoanálise base da racionalização, da produtividade da redução de custos. 3. ed. São Paulo: Itysho, 1977.

TUBINO, Dalvi Ferrari. Planejamento e controle da produção: teoria e pratica. São Paulo: Atlas, 2007.