

## **BALANCEAMENTO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA METALMECÂNICA NA REGIÃO DE MARINGÁ**

### **ASSEMBLY LINE BALANCING IN AN INDUSTRY LOCATED IN THE REGION OF MARINGÁ**

RAFAEL LUÍS ANDRÉ

JESSICA SYRIO CALLEFI

#### **Resumo**

*Diante da importância em ser competitivo no mercado atual, muitas empresas estão buscando formas de aumentar a produtividade, reduzir os desperdícios e utilizar de maneira eficiente os recursos disponíveis. No cenário industrial, uma forma de conseguir isso é utilizando conceitos da manufatura enxuta. Nesse sentido, com o objetivo de aumentar a produtividade na linha de produção de uma indústria, o presente estudo demonstra como as ferramentas e técnicas da manufatura enxuta podem ser eficientes para aumentar a produtividade nas empresas e auxiliar na obtenção de dados essenciais para a tomada de decisões e para utilizar métodos e técnicas acadêmicas para a identificação e solução de problemas. O trabalho inicia-se mapeando todas as atividades executadas na linha de produção, para então serem coletados os tempos de cada processo, e a partir disso, propostos pontos de melhorias utilizando o conceito de Takt Time e gráficos de balanceamento de linhas para reduzir os gargalos e distribuir de forma homogênea as atividades nos postos de trabalho. Utilizou-se também o diagrama Spaghetti para identificar e eliminar atividades que não agregam valor. Para avaliar o impacto dos pontos de melhorias propostos, foram realizadas simulações utilizando o Software Flexsim, comparando e analisando o cenário inicial em que a linha de produção se encontrava e o estado futuro, contendo os pontos de melhorias. Os resultados obtidos no estudo demonstram uma melhora na distribuição das atividades no decorrer da linha, reduzindo a ociosidade e aumentando a produtividade na indústria em aproximadamente 30%.*

**Palavras-chave:** *Balanceamento de linhas; produtividade; cronoanálise; diagrama de Spaghetti.*

#### **1. Introdução**

Devido ao atual cenário mundial competitivo e globalizado, cada vez mais, tem-se observado entre as empresas de diferentes ramos, profundas transformações nos sistemas culturais, econômico e tecnológicos, visando a consolidação no mercado cada vez mais exigente e competitivo. Diante disso, faz-se necessário a utilização de metodologias que proporcionem o máximo de aproveitamento dos recursos disponíveis da empresa, visando uma maior produtividade da fábrica.

No contexto da Gestão da Produção, uma técnica muito eficiente para alcançar essa produtividade é a do balanceamento de linhas de produção, a qual segundo Rodrigues (2015) busca nivelar a carga de trabalho por meio da coordenação integrada de todas as unidades, dos equipamentos e das equipes de trabalho. O nivelamento acontece por intermédio do mapeamento, da medição e do controle dos processos. Nesse sentido, o balanceamento de linhas torna-se uma ferramenta de extrema importância para as empresas na busca em desafogar as operações que são gargalos no processo, minimizar o tempo ocioso de mão de obra e equipamentos, alocar de forma correta as atividades a serem executadas em cada posto de trabalho, e assim, tornar o ambiente de trabalho mais eficiente e produtivo.

Outra técnica importante e que está diretamente interligada com o balanceamento da linha de produção é a cronoanálise, a qual é utilizada como base para a coleta dos dados referentes aos tempos de produção, essenciais para o balanceamento da linha. Para Barnes (1977) a cronoanálise representa um estudo sistemático dos elementos de trabalho com o objetivo de determinar o tempo gasto por um funcionário para executar uma operação ou uma tarefa específica de trabalho.

A empresa, objeto de estudo, não utilizava nenhuma técnica ou ferramenta relacionadas ao aumento da produtividade e eficiência da produção, bem como, não se conheciam dados importantes referentes aos tempos das operações de trabalho, com isso, a empresa não possuía informações seguras para a tomada de decisões e passava por dificuldades em aumentar a produção dos seus itens fabricados.

Portanto, o objetivo principal desse trabalho é de avaliar o estado real de uma linha de produção em uma indústria, identificar e propor melhorias, utilizando como base os conceitos de estudo dos tempos, balanceamento de linhas e ferramentas *Lean*, e posteriormente, simular o estado futuro da linha de montagem, apresentado os possíveis ganhos.

Realizou-se o presente trabalho com intuito de aumentar a produtividade na linha de produção, analisar o real cenário desta linha e buscar solucionar problemas relacionados à baixa produtividade da mesma. Isso porque, observou-se que a empresa se deparava com problemas como: o não conhecimento dos tempos de produção, a ociosidade e a sobrecarga das atividades de trabalhadores, além da má distribuição das atividades nos postos de trabalho.

A empresa em estudo, busca aumentar a produção diária de seus produtos, porém, sofre com problemas de produtividade na linha de produção, impossibilitando o aumento no

número de itens produzidos diariamente, tal problema está diretamente relacionado à falta do uso de técnicas e ferramentas que buscam reduzir o problema da produtividade nas empresas e à falta de dados importantes como o tempo de produção de cada atividade.

As ações e as tomadas de decisões eram feitas somente com base nas experiências dos funcionários, e não com base nos dados e fatos, fazendo com que não fosse possível mensurar o real ganho ou o impacto das ações tomadas sobre a produtividade da linha de produção. Diante disso, por meio da cronoanálise, foram determinados os tempos padrões de produção de cada atividade de trabalho. E, a partir disso, realizou-se o balanceamento da linha de

O objetivo geral deste trabalho é apresentar um estudo que busca resolver o problema de produtividade em uma linha de produção para que se alcancem os objetivos e as metas estratégicas da empresa.

Para alcançar o objetivo geral do projeto de forma eficiente, buscou-se identificar, mapear e documentar as atividades desenvolvidas na linha de produção, determinar os tempos padrões das atividades envolvidas, realizar o balanceamento da linha de produção, propor melhorias e demonstrar, por meio de simulação, como seria o estado futuro da linha de produção, caso as melhorias fossem implementadas. Assim, os seguintes objetivos específicos foram traçados:

- Mapear as atividades desenvolvidas na linha de produção;
- Documentar atividades mapeadas;
- Medir os tempos das atividades de cada etapa da linha de produção;
- Analisar o cenário atual da linha de produção;
- Identificar os gargalos da linha de produção com base nos tempos encontrado;
- Propor melhorias com base nos dados coletados;
- Realizar o balanceamento da linha de produção;
- Identificar e reduzir as principais atividades que não agregam valor;
- Simular o estado futuro da linha de produção.

## **2. Revisão de literatura**

### **2.1. Lean Manufacturing**

O termo *Lean Manufacturing* é comumente utilizado para descrever a filosofia e o conjunto de práticas executadas pelo Sistema Toyota de Produção, tendo como principal

objetivo, aumentar a produtividade das indústrias, melhorar a qualidade dos produtos e reduzir os prazos de entrega para os clientes. Um dos principais focos da filosofia *Lean* é a identificação e eliminação das atividades e dos tempos que não agregam valor aos clientes. Para Rother e Shook (2003), as atividades que agregam valor aos clientes são aquelas que os elementos de trabalho e o tempo gasto nas atividades transformam efetivamente o produto, de tal forma que o cliente esteja disposto a pagar. Por outro lado, atividades que não agregam valor ao produto são aquelas que os clientes não estão dispostos a pagar.

O sistema *Lean* identificou as setes principais atividades que afetam diretamente no valor agregado aos produtos ou processos empresariais. Werkema (2012a) cita os tipos de desperdícios que são: defeitos nos produtos, excesso de produção, estoques de produtos, esperas, processamentos desnecessários nos produtos ou processos, movimentação desnecessária e transporte desnecessário. Nos dias atuais se falam em um oitavo tipo de desperdício, o da não utilização da criatividade dos funcionários, segundo Liker e Meier (2015), existe uma enorme perda de ideias, habilidades, tempo e oportunidades de melhoria e aprendizagem pelo fato de não envolver ou escutar os funcionários.

Para Liker e Meier (2015), o verdadeiro sucesso de uma organização está diretamente relacionada nos métodos de identificação das perdas, identificando a causa raiz do problema e colocando em prática medidas para solucionar ou melhorar as causas geradoras dos problemas.

## **2.2. Estudo dos tempos**

Segundo Slack et al. (2009), o estudo do tempo consiste em uma técnica de medição do trabalho, o qual busca registrar os tempos e o ritmo de trabalho para cada tarefa executada, sob condições especializadas, a fim de analisar e obter o tempo necessário para a realização do trabalho com um nível definido de desempenho. Além disso, Martins e Laugeni (2015), complementam que o estudo dos tempos nos permite estabelecer padrões para as operações no sistema produtivo, facilitando o planejamento do processo, além de fornecer dados para a determinação dos custos de produção e para o balanceamento de linhas.

Para Corrêa e Corrêa (2006), existem basicamente cinco passos para se determinar um tempo padrão para as atividades do trabalho, são elas, definir a tarefa a ser estudada, dividir a tarefa em elementos, cronometrar os elementos, determinar o tamanho da amostra e, por fim, estabelecer um padrão de ritmo de trabalho.

Segundo Martins e Laugeni (2015), a melhor forma de se determinar o tamanho da amostra, ou o número de ciclos a serem cronometrados pode ser expressa pela equação 1.

$$N_c = \left( \frac{Z \times R}{E_R \times d_2 \times X} \right)^2 \quad (1)$$

Onde:

$N_c$ : Número de ciclos necessários;

Z: Coeficiente da distribuição normal para uma probabilidade determinada;

R: Amplitude da amostra;

$E_r$ : Erro relativo da medida;

$d_2$ : Coeficiente em função do número de cronometragens feitas até o momento;

X: Média da amostra.

Tendo em vista que o estudo dos tempos é um processo de amostragem baseado em estatística, entende-se que, quanto maior o número de cronometragens, maior será a confiabilidade e mais representativos serão os resultados (BARNES, 1977).

### **2.3. Balanceamento de linhas**

Balancear uma linha de produção consiste em distribuir uniformemente as operações em função dos tempos coletados, para todas as pessoas e postos de trabalhos no decorrer de uma linha de produção. Rocha (2005) exemplifica, que balancear uma linha de produção é otimizar a utilização de todos os postos de trabalhos unificando os tempos de produção, ajustando-os em função das necessidades da demanda.

De acordo com Martins e Laugeni (2015), existem três métodos de buscar o tempo padrão de produção: tempos sintéticos, amostragem do trabalho e por meio da cronometragem, acompanhados pelos possíveis equipamentos para a coleta dos tempos: cronometro de hora centesimal; filmadora; folha de observações; e prancheta para observações. Os tempos sintético são encontrados por meio do mapeamento dos micros movimentos executados pelos funcionários e a partir deles, por meio de uma tabela, são determinados os tempos em função da dificuldade e das distâncias dos movimentos. O tempo padrão por amostragem de trabalho é uma técnica estatística que consiste na cronometragem

das atividades realizadas pelos funcionários por meio de observações diretas e entre intervalos de tempos aleatórios.

Rocha (2005) ainda demonstra a importância de se realizar o balanceamento de linhas, segundo ele, o balanceamento proporciona um fluxo contínuo ao processo de fabricação, fazendo com que os recursos sejam otimizados e as ociosidades nos postos de trabalhos reduzidas, e com isso, as empresas se tornam mais competitivas e ganham uma maior participação no mercado.

#### **2.4. Takt time**

O conceito empregado para definir o ritmo de produção necessário e ajustá-la com as necessidades da demanda é chamado de *Takt Time*. Segundo Rother e Harris (2002), *Takt Time* é um valor de referência utilizado para ajudar a vincular a taxa de produção em um processo ao ritmo da demanda.

De maneira mais clara, Werkema (2012b) define o *Takt Time* como sendo o tempo disponível para a produção dividido pela demanda do cliente, conforme apresentado pela equação 2.

$$Takt\ Time = \frac{\text{tempo disponível}}{\text{demanda do cliente}} \quad (2)$$

No entanto, existem limites em relação as definições aplicadas anteriormente pelos autores, muitas vezes, o ritmo calculado e alocado pelo *Takt Time*, não é conivente com a capacidade produtiva do sistema de produção, não sendo possível, portanto, a utilização do *Takt Time* de forma literal. Alvarez e Antunes (2001) exemplificam esse contexto dizendo que as empresas que utilizam o *Takt Time* como ferramenta, tem como opção: utilizarem a variável da demanda do cliente ou a capacidade produtiva da linha de produção para o cálculo do *Takt Time*. Alvarez e Antunes (2001, p.06) completam dizendo que a definição que mais se adequa à realidade do cálculo do *Takt Time* é: “*Takt Time* é o ritmo de produção necessário para atender a um determinado nível considerado de demanda, dadas as restrições de capacidade da linha ou célula”.

## **2.5. Diagrama de Spaghetti**

O diagrama de *Spaghetti* é uma ferramenta de mapeamento simples que auxilia na visualização de *Layouts* ineficientes, identificando os tempos e movimentos desnecessários para a fabricação dos produtos ou serviços, auxiliando na identificação das atividades que não agregam valor ao produto. Com isso, por meio da redução das atividades que não agregam valor é possível aumentar a produtividade e eficiência dos funcionários e, conseqüentemente, da linha de produção.

Segundo Oliveira e Monteiro (2011), o diagrama de *Spaghetti* tem como objetivo visualizar a forma que um funcionário se comportou durante o processo de fabricação do produto, buscando medir e identificar os tempos gastos em atividades que não agregam valor ao produto, e a partir disso, otimizar os processos eliminando as atividades sem valor.

## **2.6. Modelagem e Simulação**

Modelar consiste em criar réplicas físicas ou virtuais de uma determinada situação ou atividade, com a intenção de demonstrar seu real cenário, enquanto simular, é um processo no qual é demonstrado virtualmente, como uma determinada situação ou cenário aconteceria em função de algumas mudanças. Segundo Maria (1997) a modelagem é uma representação da construção e funcionamento de um sistema específico de forma idêntica ao real, contendo suas principais características. Enquanto a simulação é utilizada para analisar o desempenho do cenário modelado sob diferentes configurações e modificações, a fim de viabilizar ou não possíveis mudanças no sistema.

As principais etapas envolvidas no desenvolvimento de um modelo de simulação são descritas por Maria (1997) por: identificação do problema, coleta de dados do sistema, desenvolvimento do modelo, identificar melhorias, execução da simulação, interpretação dos resultados e recomendação de ações.

Uma poderosa ferramenta de modelagem e simulação presente no mercado é o Flexsim<sup>®</sup>. O Flexsim<sup>®</sup> é um *software* de simulação 3D que permite modelar, simular, prever e analisar diferentes sistemas e cenários projetados, sendo uma importante ferramenta estratégica para as empresas, auxiliando na otimização de processos, redução de custos e aumento da receita.

### **3. Metodologia**

Como de início não se tinha conhecimento e dados sobre o real cenário da fábrica, bem como, não eram utilizadas ferramentas para a coleta de informações e métodos para solucionar problemas, a metodologia que melhor se aplica para a realização desse trabalho se enquadra como estudo de caso e pesquisa exploratória. Segundo Yin (2001), o estudo de caso é comumente utilizado em situações que se deseja responder “como” e “por que” a respeito de uma determinada situação, quando não se tem conhecimento aprofundado nem controle sobre o cenário real do problema.

Para Gil (2002), o estudo de caso se caracteriza em um estudo profundo e exaustivo de um ou mais objetos com o intuito de adquirir seu conhecimento amplo e detalhado. Tomando como base as etapas apresentadas por Gil (2002), adaptou-se as etapas para as que representam de forma simples o que foi seguido para a execução do presente trabalho.

- a) Identificação do problema;
- b) Medir, analisar e quantificar a problemática;
- c) Avaliar e analisar os dados;
- d) Avaliar e propor melhorias.

Para que as etapas sejam executadas de maneira eficiente e alcancem os objetivos esperados, é de extrema importância a proximidade com o problema estudado, realizando um estudo aprofundado com o objetivo de familiarizar e adquirir o conhecimento do problema a ser estudado, para isso, utiliza-se como método, a Pesquisa Exploratória. Gil (2002) aponta a pesquisa exploratória como sendo a etapa inicial de uma investigação mais ampla, a qual não necessita de planejamentos rígidos e robustos e que tem como principal objetivo, proporcionar uma visão ampla acerca de um determinado fato, com a finalidade de desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias. Além disso, para a realização do presente estudo, foram utilizadas abordagens quantitativas, uma vez que, foram utilizados dados numéricos e instrumentos padronizados e neutros para realizar as medições, buscando quantificar e entender as dimensões reais da problemática.

Seguindo o modelo apresentado por Gil (2002) anteriormente, foram identificados os principais problemas encontrados na linha de produção. Tais problemas foram levantados por meio de entrevistas com os gestores, bem como, a utilização do método de pesquisa exploratória, ou seja, ir até o local onde os processos e as ações verdadeiramente acontecem, entender as problemáticas e identificar as oportunidades de melhorias juntamente com as pessoas envolvidas no processo. Diante das observações e análises, o principal problema

identificado na linha de produção foi em relação à produtividade, a qual se tinha dificuldades e restrições em aumentar a quantidade de itens produzidos diariamente.

A dificuldade em aumentar a produtividade da linha de produção, era agravada por problemas menores, ou seja, outras causas ainda não identificadas, contribuíam para a ocorrência da baixa produtividade na linha. Com isso, foram realizados *Brainstorming* com os líderes e gerentes envolvidos na operação, a fim de levantar e identificar as principais causas que impactavam e afetam diretamente a produtividade na linha de montagem. As principais questões a serem respondida durante o *Brainstorm* foram: Quais fatores estão afetando a produtividade na linha de produção? Quais são as principais causas que impactam diretamente na produtividade dos funcionários? Conforme o *Brainstorming* era desenvolvido, as ideias eram escritas em um quadro, criando um mapa mental como o intuito de estimular a criatividade e a busca por novas ideias entre os envolvidos.

A partir da identificação e mapeamento das principais variáveis que impactam no problema principal (produtividade na linha), as mesmas foram priorizadas utilizando três critérios: o grau de relevância das variáveis, ou seja, o impacto que as variáveis geram na produtividade da linha de produção, os custos envolvidos para a solução das variáveis e o grau de facilidade em buscar e implementar soluções.

Com os problemas identificados e priorizados, a próxima etapa consistiu em realizar o mapeamento de todas atividades envolvidas na linha de produção, para isso, foram realizadas entrevistas envolvendo colaboradores experientes, como líderes e gerentes de produção, a fim de identificar todas as etapas necessárias para a montagem do item. Vale destacar que, nesse primeiro momento, foram mapeados os macroprocessos, ou seja, processos que contemplam um grande conjunto de atividades menores que geram valor agregado ao produto. Isso se justifica pelo cenário encontrado na empresa, onde não se tinham dados e nem se utilizavam técnicas e ferramentas relacionadas ao estudo.

As etapas mapeadas foram ordenadas em uma sequência lógica e identificada em quais postos de trabalho estavam sendo executadas, essa distribuição foi realizada com base nas experiências dos envolvidos e mediante análise e estudo da linha de produção. Diante disso, foi possível mapear, documentar e padronizar as atividades da linha de produção, sendo, portanto, uma medida inicialmente importante para o desenvolvimento da próxima etapa do trabalho, a coleta dos tempos. Além do mapeamento das atividades, buscou-se observar e identificar o número de funcionários que trabalhavam em cada posto de trabalho.

Antes da coleta dos dados, realizou-se um treinamento e uma conscientização dos funcionários envolvidos na linha de produção sobre o trabalho que seria realizado, explicando

os métodos e procedimentos que seriam aplicados e a importância e objetivos de se realizar o estudo.

Tendo alinhado as ações e os objetivos do estudo com as pessoas envolvidas na linha de produção, deu-se início com o processo de coleta dos tempos. Para a cronometragem e coleta dos tempos foram utilizados: uma prancheta, um cronômetro centesimal e folhas de coletas de tempos que está representada na Figura 1, onde os tempos cronometrados foram anotados de acordo com cada atividade realizada nos postos de trabalho. Para compor a amostra, foram tomadas N medições de tempos para cada processo, referente à equação 1, e em seguida calculou-se o tempo médio de cada operação, obtendo o tempo normal de cada procedimento.

Figura 1: Folha de coleta dos tempos

FOLHA DE ESTUDO DOS TEMPOS													
Operação												POSTO	
Produto		Observador								Data			
Código		Operador								Hora			
SEQ.	Elemento de Trabalho	Tempos Cronometrados										Melhor	Observações
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	0												
2	0												
3	0												
4	0												
5	0												
6	0												
7	0												
8	0												
9	0												
10	0												
11	0												
12	0												
13	0												
14	0												
15	0												
16	0												
17	0												
18	0												
19	0												
20	0												

Fonte: RL&Associados.

Com os dados coletados, a próxima etapa consistiu em consolidar e analisar os dados coletados em um gráfico de balanceamento. Para isso, foi definido um tempo limite para cada etapa da produção a partir do *Takt Time*. Depois disso, realizou-se uma análise da situação

atual da linha de produção em relação a este tempo. O objetivo foi de verificar e identificar possíveis atividades que ultrapassam o *Takt Time*, além de identificar postos de trabalho ociosos ou com sobrecarga de atividades. Mediante análise e identificação das atividades e postos que ultrapassaram o limite do *Takt Time*, as atividades foram realocadas ou redistribuídas para outros postos ociosos e que não ultrapassavam o *Takt Time*. Feito isso, foi criado um novo gráfico para analisar o balanceamento da linha obtendo o cenário real e o cenário futuro da linha produção. Para análise quantitativa e verificação dos possíveis ganhos gerados pelo balanceamento da linha de produção, foram realizadas simulações no Software Flexsim, com o objetivo de comparar o cenário em que a linha de produção se encontra e o cenário futuro com as melhorias propostas.

Realizada a análise e demonstrando os potenciais ganhos com o balanceamento da linha, a última etapa consistiu em eliminar as atividades que não agregam valor ao produto e que impactam diretamente na produtividade da linha de produção. A análise e identificação dessas atividades foram realizadas paralelamente a coleta dos tempos, tendo em vista que no momento da coleta dos dados é necessário ter atenção e uma observação detalhada dos processos e atividades executadas por cada funcionário, sendo, portanto, uma atividade de certa forma simples de ser executada, devido ao conhecimento adquirido dos processos. Durante a coleta dos tempos, buscou-se identificar e separar os tempos das atividades que agregam valor das atividades que não agregam valor ao produto. Para análise das atividades que não agregam valor, o principal foco foi em relação à movimentação excessiva que os funcionários executavam na linha de produção para a fabricação das peças, para isso, foi utilizada como ferramenta o Diagrama de *Spaghetti*.

O diagrama foi realizado em uma folha contendo a representação real do *Layout* da linha de produção, conforme as movimentações e o percurso que os funcionários executavam, eram traçados na folha contendo o *Layout*, o caminho que o funcionário percorria para a realização de suas atividades, bem como, registrado o tempo que levava essa movimentação. A partir da identificação das atividades que não agregavam valor, foram identificados e propostos pontos de melhorias, visando maior eficiência na linha de produção, e posteriormente, foi realizada uma nova simulação pelo *software Flexsim* comparando o cenário atual e o estado futuro com os pontos de melhorias.

#### **4. Resultados e Discussões**

Após as análises e observações dos trabalhos executados na linha de produção e a realização do *Brainstorm* entre os envolvidos, foram levantados e identificados os principais problemas que afetavam diretamente a produtividade da linha de produção, como, a falta de dados relacionados aos processos, a falta de mapeamento das atividades executadas na linha de produção, bem como, a falta de padronização das etapas executadas, falta de treinamentos entre os funcionários, falta de ferramentas e instrumentos que agilizam o desenvolvimento das atividades (mecanização e automação), espera entre os processos, ociosidade, desorganização do local de trabalho, *layout* e fluxo de trabalho ineficientes, movimentações excessivas, falta de mapeamento dos processos e atividades, além da não utilização de métodos e técnicas encontradas no meio acadêmico que visam diminuir ou eliminar as problemáticas identificadas.

Considerando os fatores de priorização citados anteriormente, o principal e mais importante problema a ser resolvido foi o da falta de dados. Tendo em vista que os dados são as principais fontes de investigação e análise, por meio da coleta dos dados é possível analisar a real situação da linha de produção, identificar e propor pontos de melhorias relacionados aos demais problemas identificados. Outros pontos de melhorias priorizados foram o balanceamento da linha de produção e o grande desperdício de tempo em movimentações.

Para o desenvolvimento eficiente da etapa de coleta dos dados, primeiramente é necessário mapear os principais processos executados na linha de produção e documentá-los para serem seguidos durante a coleta dos tempos. No momento do mapeamento dos processos, verificou-se que algumas atividades não eram executadas de forma padronizada durante a linha de montagem, ou seja, em alguns momentos um processo era executado em um determinado posto e em outros momentos em um posto diferente. Diante disso, os principais processos foram mapeados, e posteriormente, com auxílio dos líderes, gerentes e análises realizadas na linha de produção, foram alocados e definidos em quais postos seriam executados. Devido ao cenário encontrado na linha de produção, isto é, a falta de dados e padronizações, os processos foram mapeados de forma macro. Com o intuito de preservar o anonimato dos dados, as atividades foram descritas de forma abreviada. Os processos são descritos no quadro 1.

Quadro 1: Atividades envolvidas para a montagem do produto.

Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5	Posto 6	Posto 7	Posto 8	Posto 9
Posicionar peça	Colocar TORR	Montar LA	Montar MCL	Colocar CORR	Montar BRÇ	Montar ML	Montar CBCÇ	Conf
Montar R1	Colocar VAR		Montar EMBR	Colocar EST	Montar ADB	Colocar ADS	Colocar PLAT	Colocar KT
Montar CIL	Montar LIN		Colocar ROL	Montar DE	Montar MA		Montar ARC	Coloca TS
Colocar PN				Montar CBM			Colocar BJ	
Colocar VT							Montar RL	
Colocar CC								
Colocar PE								

Fonte: Autoria própria (2018)

O processo de montagem do produto inicia-se com o posicionamento da peça na linha de produção, seguida da montagem R1, CIL e PN, tais processos não podem ser executados paralelamente, devendo, portanto, serem executados um por vez. As outras atividades podem ser executadas simultaneamente em um mesmo posto de trabalho, assim, a sequência de montagem do produto acontece colocando o VT, CC e PE, seguindo para o posto 2 e continuando as atividades até o posto 9.

Outro ponto de atenção foi no momento de identificar o número de funcionários que trabalhavam em cada posto de trabalho, observou-se que os mesmos não obedeciam ao local estabelecido para o posto de trabalho, tendo em vista que anteriormente não existia o mapeamento e a definição das atividades em cada postos de trabalho, com isso, os funcionários executavam as atividades aleatoriamente no decorrer da linha. A partir disso, foram definidos 2 funcionários por posto de trabalho, os quais devem respeitar as atividades estipuladas pertencentes a cada posto de trabalho, totalizando, portanto, 18 funcionários para a linha de produção.

Após o mapeamento e definição das atividades em cada posto de trabalho, os funcionários foram conscientizados sobre a importância do trabalho que seria realizado e em seguida iniciou-se a coleta dos tempos. Como o objetivo principal deste trabalho não é a cronoanálise, serão preservados os cálculos e as repetições dos tempos, demonstrando somente o tempo final de cada atividade. As amostras foram levantadas considerado 90% de nível de confiança, além disso, considerou-se um fator de carga adicional de 15%, esse fator

leva em consideração a fadiga, as necessidades pessoais e as condições de trabalho e ambiente. Seguindo a tabela do mapeamento, os tempos levantados das atividades foram:

Quadro 2: Tempos das atividades envolvidas para a montagem do produto

Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5	Posto 6	Posto 7	Posto 8	Posto 9
00:32:46	00:36:03	00:59:36	00:40:58	00:38:14	00:28:24	01:00:05	00:50:15	00:08:05
00:20:15	00:09:51		01:00:05	00:15:50	00:22:57	00:34:27	00:48:04	00:10:37
00:16:01	00:26:48		00:17:34	00:38:14	00:25:38		00:09:28	00:22:24
00:11:34				00:14:12			00:08:01	
00:14:34							00:08:49	
00:03:50								
00:07:12								

Fonte: Autoria própria (2018)

Os tempos demonstrados são referente a 1 funcionário executando a tarefa, no entanto, o processo de montagem do item permite que outro funcionário execute simultaneamente uma tarefa, podendo eles dividirem uma mesma atividade, ou realizarem diferentes tarefas simultaneamente em um mesmo produto. Com isso, foram definidos 2 funcionários por posto de trabalho, então, os tempos de cada posto se resumem ao quadro a seguir:

Quadro 3: Tempos total de cada posto de trabalho.

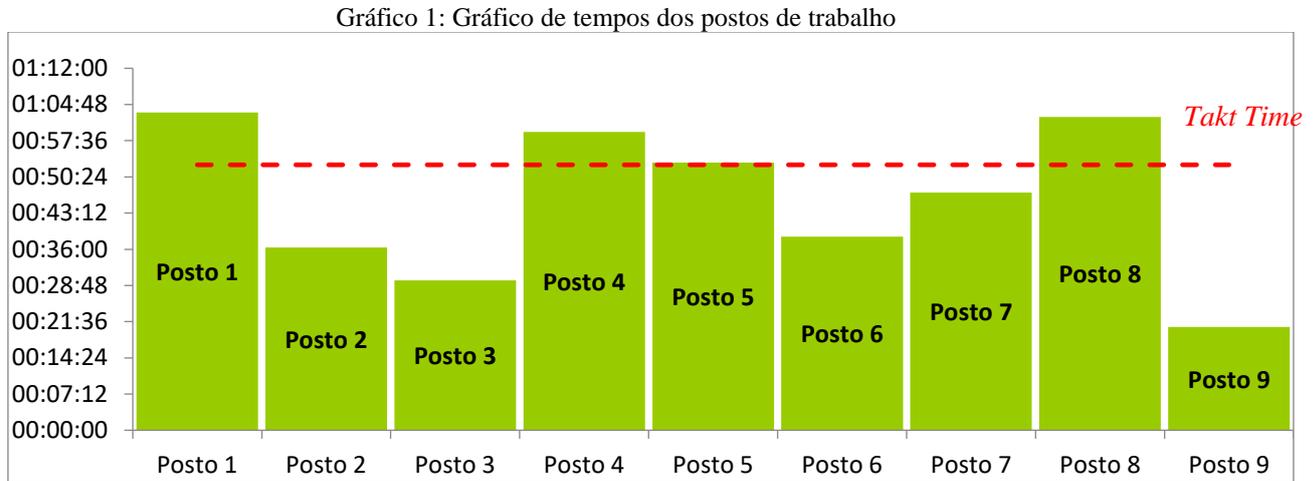
Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5	Posto 6	Posto 7	Posto 8	Posto 9
01:03:14	00:36:21	00:29:48	00:59:19	00:53:16	00:38:30	00:47:16	01:02:18	00:20:33

Fonte: Autoria própria (2018)

Para o cálculo do *Takt Time* a demanda do cliente foi traçada em função do planejamento estratégico e das metas consolidadas pelas gerências e diretoria da indústria, que consiste na fabricação de 10 produtos diariamente, além disso, considerando um tempo disponível de 8h e 48 minutos de trabalho diário, para obter o *Takt Time* que desejávamos alcançar.

Calculou-se o *takt time*, conforme a equação 2, onde obteve-se o resultado de 52,8 minutos. Ou seja, para que se atinja a meta de 10 produtos por dia, o tempo máximo em cada posto de trabalho não pode ultrapassar o tempo de 52 minutos e 48 segundos. Esta informação

está ressaltada no Gráfico 1, o qual apresenta os tempos coletados referentes a cada posto de trabalho.



Fonte: Autoria própria (2018)

No Gráfico 1 podemos observar que os postos 1, 4, 5 e 8 ultrapassam o *Takt Time* proposto, com isso, não é possível atingir a meta estipulada pela diretoria. Ademais, percebe-se que existe uma sobrecarga de trabalho em alguns postos e uma ociosidade em outros postos, gerando um desperdício de mão de obra e de tempo.

Diante desse cenário, foram propostas algumas mudanças visando a melhoria no processo. Observamos que o posto 1 é o que possui maior sobrecarga de atividade, além de ser o posto mais complexo em relação à montagem da peça. E ainda, o posto 9 é o que possui maior ociosidade, devido a isso, as tarefas nesse posto, podem ser executadas com apenas um funcionário, logo, o primeiro ponto de mudança é realocar um funcionário do posto 9 para o posto 1.

Os outros pontos de melhorias são em relação às mudanças das atividades de trabalho, retirando-as dos postos sobrecarregados e realocando nos postos ociosos. As atividades que tiveram mudanças foram: retirada da atividade “Colocar ROL” do posto 4 para o posto 2, retirada das atividades “Colocar EST” e “Montar CBM” do posto 5 para o posto 3, “Montar ADB” trocando do posto 6 para o posto 5, operação “Colocar ADS” do posto 7 para o posto 6, por fim, substituição das tarefas do posto 8 “Montar ARC”, “Colocar BJ” e “Montar RL” para o posto 7. Após as mudanças, a nova distribuição das atividades entres os postos de trabalho resultou nas atividades representadas pelo quadro 4.

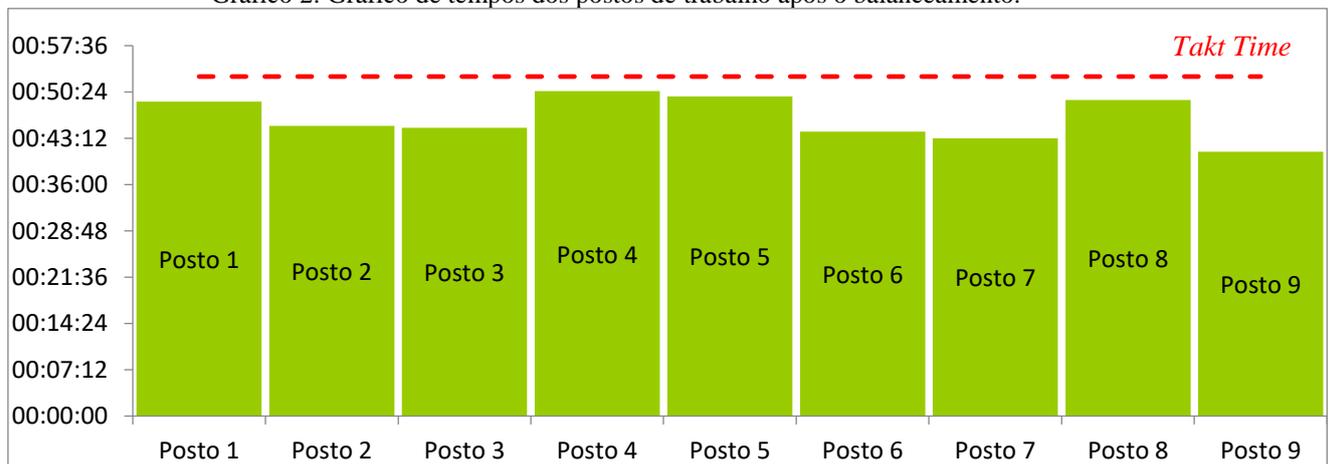
Quadro 4: Atividades envolvidas para a montagem do produto após as modificações.

Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5	Posto 6	Posto 7	Posto 8	Posto 9
Posicionar peça	Colocar TORR	Montar LA	Montar MCL	Colocar CORR	Montar BRÇ	Montar ML	Montar CBÇ	Conf
Montar R1	Colocar VAR	Colocar EST	Montar EMBR	Montar DE	Montar MA	Montar ARC	Colocar PLAT	Colocar KT
Montar CIL	Montar LIN	Montar CBM		Montar ADB	Colocar ADS	Colocar BJ		Coloca TS
Colocar PN	Colocar ROL					Montar RL		
Colocar VT								
Colocar CC								
Colocar PE								

Fonte: Autoria própria (2018)

Após as modificações foi novamente traçado o gráfico de balanceamento de linhas para analisar o estado futuro da linha de produção e mensurar os possíveis ganhos obtidos.

Gráfico 2: Gráfico de tempos dos postos de trabalho após o balanceamento.

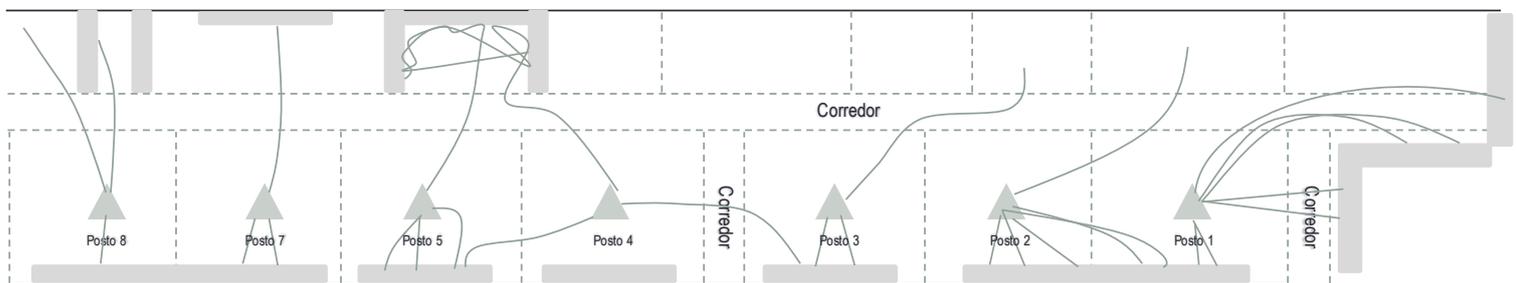


Fonte: Autoria própria (2018)

Com as mudanças propostas, podemos analisar uma distribuição de trabalho mais homogênea e uniforme entre os postos, bem como, podemos verificar que os tempos das atividades de cada posto de trabalho não ultrapassam o *Takt Time* estabelecido. Portanto, a partir dessas melhorias, conseguiu-se alcançar a meta e o objetivo proposto, que era aumentar a produtividade da linha de produção e alcançar a produção de 10 peças/dia.

No entanto, podemos otimizar ainda mais os tempos dos processos, reduzindo o tempo de movimentação dos funcionários. Para isso, por meio do diagrama de *Spaghetti*, realizou-se a análise e representação das movimentações. Os traços representados na Imagem 1, representam o fluxo de movimentações que os funcionários executavam na linha de produção para a fabricação das peças. Cada traço representa o caminho de ida e de volta, o qual era executado para buscar ou separar componentes para a fabricação do produto, podendo ser executado N vezes pelos funcionários. Para prevenir os dados e informações, o diagrama de *Spaghetti* foi representado na Figura 1.

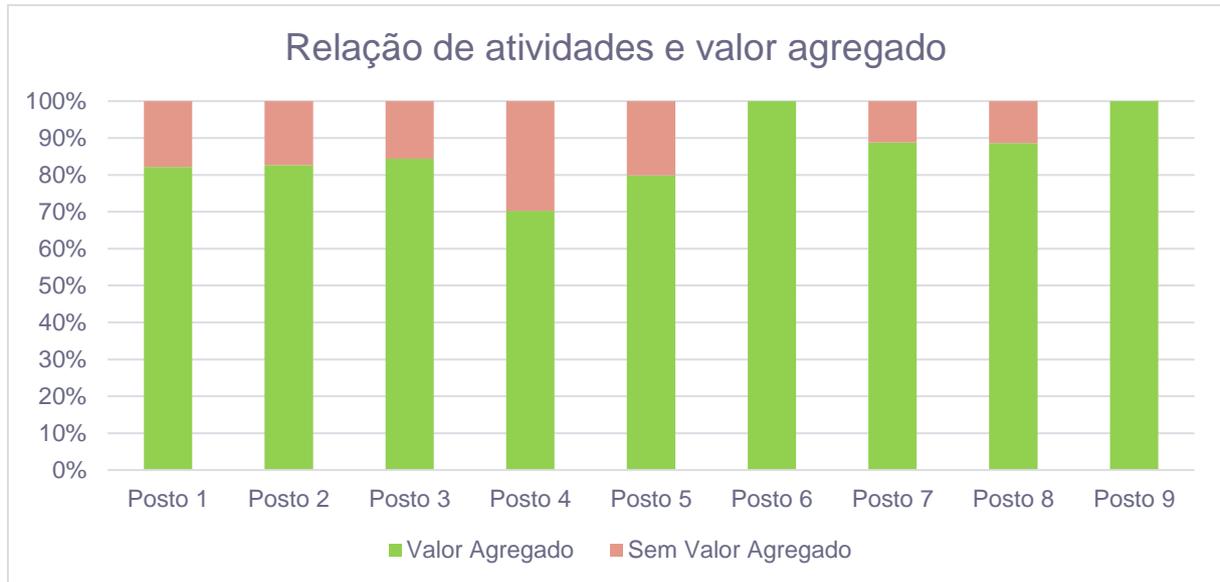
Figura 1: Diagrama de *Spaghetti* – estado atual



Fonte: Autoria própria (2018)

Para a análise dos tempos, foram consideradas atividades que não agregam valor, as movimentações excessivas, aquelas que demandavam elevado tempo e percurso de execução, e também, as atividades de separação e pré-montagem das matérias primas utilizadas na fabricação do produto. A partir disso, obtemos os tempos das atividades que não agregam valor ao produto em cada posto de trabalho, como demonstrado no gráfico 3. Diante dos postos analisados, podemos observar que em média, 15% do tempo de produção da linha é destinado às atividades que não agregam valor ao produto.

Gráfico 3: Porcentagem de tempo das atividades de valor entre os postos

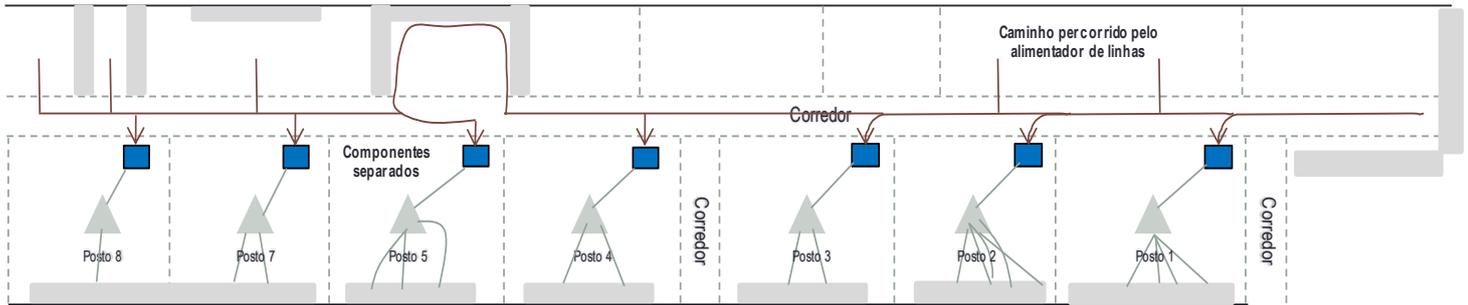


Fonte: Autoria própria (2018)

Com isso, foram propostos alguns pontos de melhoria, visando reduzir as atividades que não agregam valor e otimizar a linha de produção. O primeiro ponto de melhoria é em relação a distribuição e organização dos componentes ao longo da linha, muitos componentes ficavam distantes dos postos em que eram realizadas a montagem da peça, fazendo com que o funcionário realizasse movimentações desnecessárias para a coleta das mesmas, portanto, a primeira medida é organizar e distribuir os componentes e matérias primas necessárias para cada posto de trabalho, especificando e deixando de forma clara, por meio de etiquetas, onde cada componente dever ser guardado.

O segundo ponto de melhoria é relacionado ao tempo de separação e pré-montagem dos componentes, principalmente nos postos 4 e 5, os funcionários da linha de produção, perdiam grande parte do tempo separando e montando componentes para a fabricação do item na linha, diante disso, uma possível solução é alocar um “alimentador de linha”, isto é, um funcionário que ficará responsável em separar, realizar a pré-montagem dos componentes e distribuí-los nos postos de trabalho. Diante das propostas de melhorias, realizou-se um novo diagrama de *Spaghetti*, conforme imagem 2, simulando o estado futuro da linha de produção. Como o objetivo foi eliminar as atividades que possuíam expressiva movimentações, os postos 6 e 9 não foram representados, por não possuírem movimentações discrepantes.

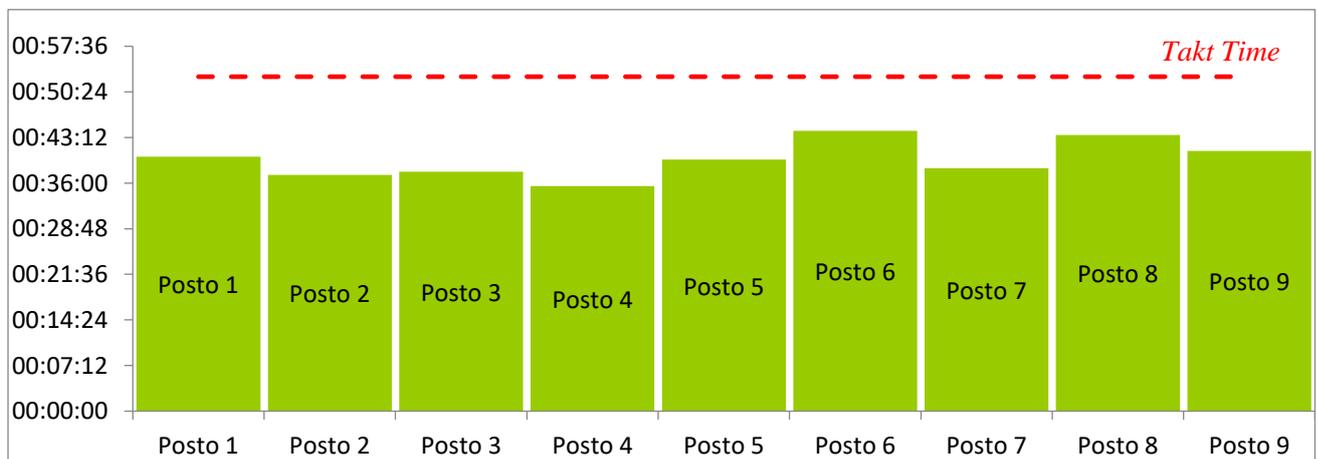
Figura 2: Diagrama de *Spaghetti* – com melhorias



Fonte: Autoria própria (2018)

Percebemos que diante de simples ações, como organização, alocação eficiente das matérias primas e a utilização de um alimentador de linhas, é possível otimizar o fluxo de movimentações ao longo da produção, reduzindo os desperdícios de movimentações e aumentando a eficiência dos colaboradores. O gráfico futuro do balanceamento representa de forma simples os ganhos obtidos, onde observa-se uma redução expressiva nos tempos de cada posto de trabalho, o que certamente aumentará ainda mais o número de produtos produzidos diariamente, ultrapassando as metas estabelecidas pela gerência.

Gráfico 4: Gráfico de tempos dos postos de trabalho após redução das atividades sem valor agregado.



Fonte: Autoria própria (2018)

#### 4.1. Resultados da simulação com Flexsim

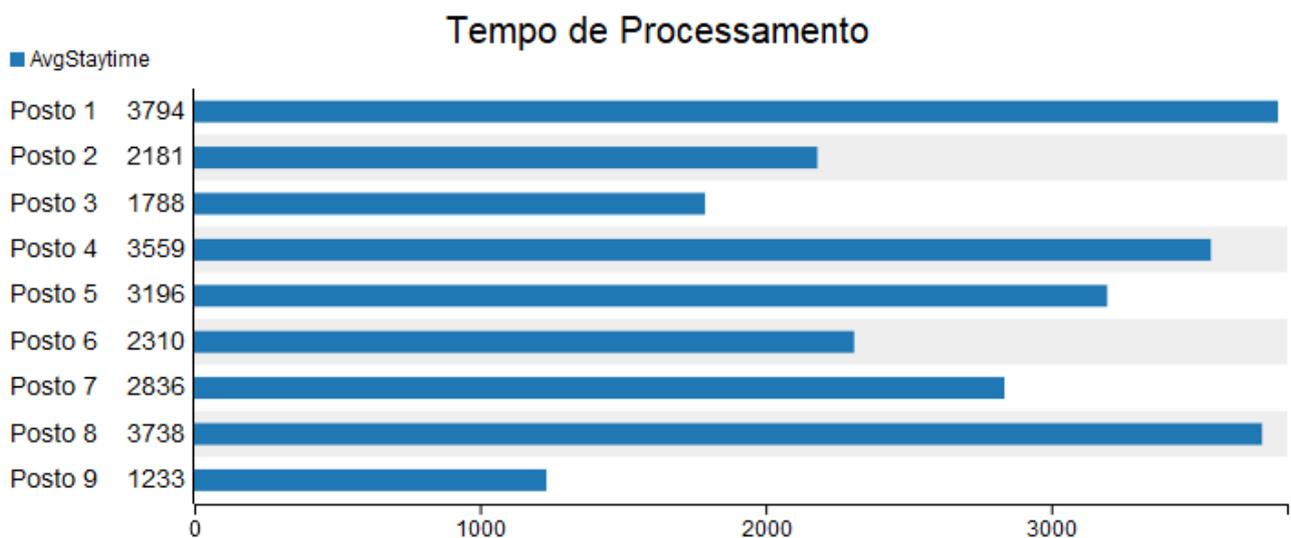
Com forma de validar os métodos e ferramentas utilizadas e discutidas, bem como, os possíveis ganhos referentes as melhorias propostas, foram realizadas simulação no *Software Flexsim*. Primeiramente foi simulado o estado atual da linha de produção, ou seja, o estado inicial em que a linha se encontrava, antes das propostas de melhorias, posteriormente foi simulado o estado futuro, contendo as mudanças das atividades nos postos, buscando atingir o *Takt Time* estabelecido e o balanceamento da linha, além das reduções das principais atividades que não agregavam valor ao processo.

Diante das simulações, é possível comparar os diferentes cenários e verificar os potenciais ganhos com as implementações das melhorias. O modelo foi simulado em um período de 1 mês, o qual foi considerando 8h e 48min de trabalho diário e 24 dias úteis, totalizando 760320 segundos.

#### 4.2. Cenário Atual

Como demonstrado anteriormente por meio dos gráficos de balanceamento, a análise a seguir refere-se ao tempo em segundos executados em cada posto de trabalho. Observou-se, por meio da simulação com o *Software Flexsim*, um desbalanceamento de tempo médio de processamento entre os postos de trabalho.

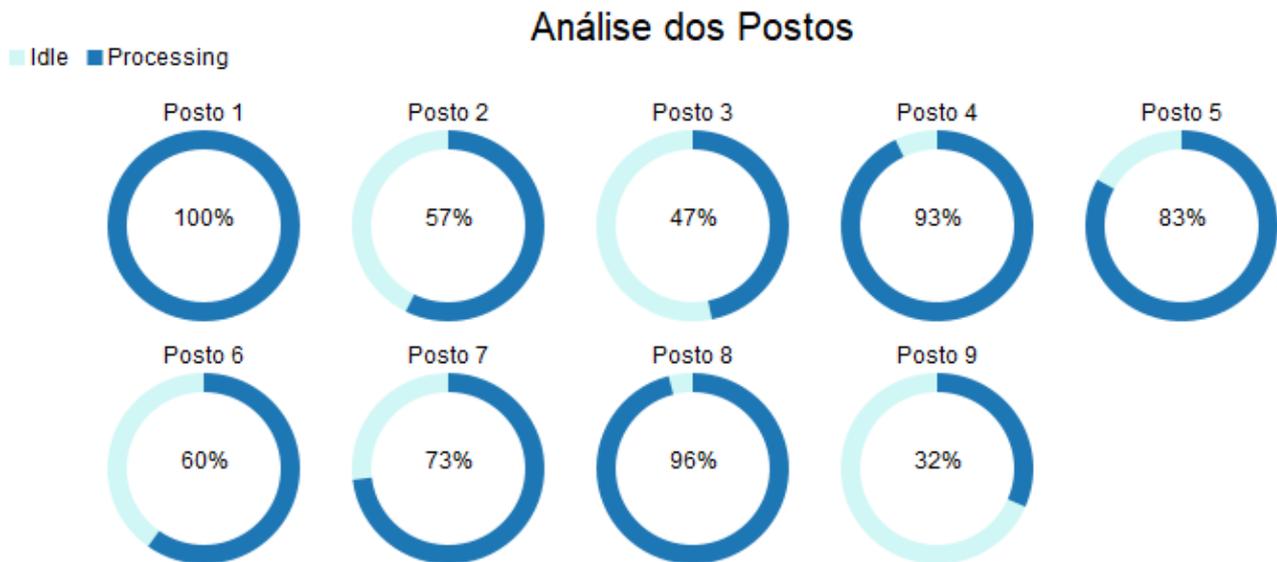
Figura 3: Tempo (segundos) médio executado nos postos de trabalho.



Fonte: Autoria própria (2018)

A partir disso, verificou-se o tempo de processamento e tempo ocioso em cada postos de trabalho, como demonstrado na figura 4.

Figura 4: Análise do tempo processado e tempo ocioso



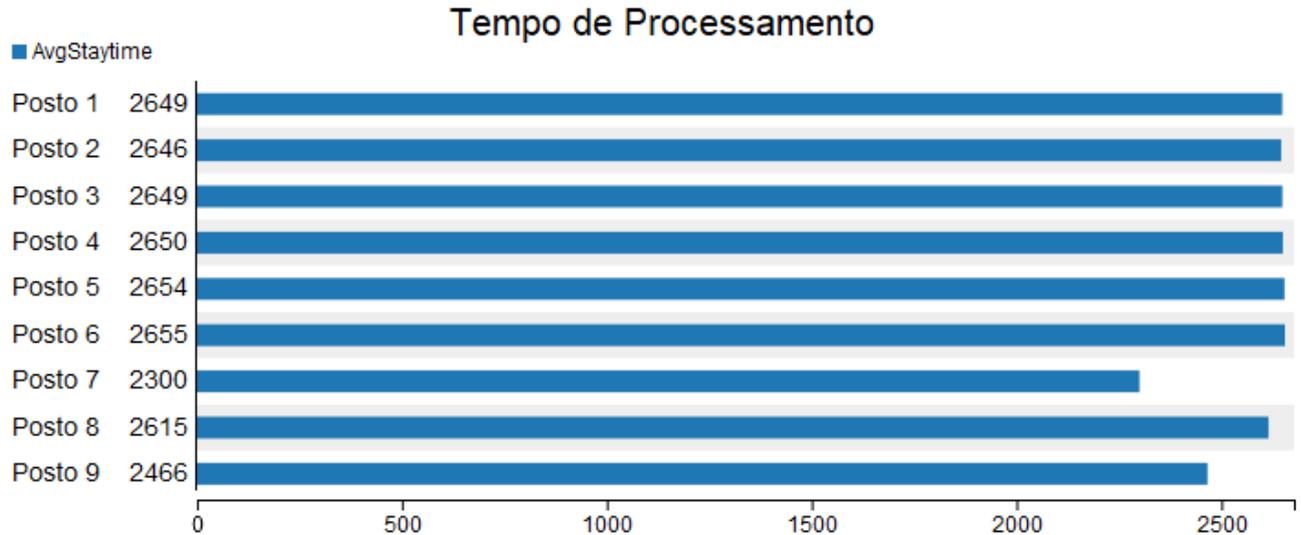
Fonte: Autoria própria (2018)

Pode-se observar que o posto 9 é o que possui maior índice de ociosidade em relação aos demais postos, o que representa 32% de tempo processado, ou seja, durante o período simulado, somente 32% do tempo foi destinado a produção do produto, sendo o restante 68% de tempo ocioso. Isso acontece pelo fato do posto 8 estar sobrecarregado de atividades com elevando tempo de processamento, e o posto 9 com atividades que exijam menor tempo, gerando um gargalo produtivo. Além disso, podemos verificar, que os postos 2 e 3 possuem elevada taxa de ociosidade, sendo 43% e 53% respectivamente, e os processos 1 e 4, sobrecarga de atividade. Analisando a linha de produção como um todo, percebemos que o tempo médio de processamento de toda a linha corresponde a aproximadamente 71% do tempo total simulado, e conseqüentemente, os 29% restantes, representam o tempo ocioso praticado

A situação e o cenário encontrado na linha e os dados apresentados durante o trabalho, impactam diretamente na produtividade e na taxa de itens fabricados. Com o cenário real, foram simulados a produção de 194 itens durante 24 dias úteis, o que representa 8 itens fabricados diariamente, número esse que não atinge as metas e expectativas traçadas pela gerência, além disso, a taxa de produção durante o período simulado foi de aproximadamente 0,92 itens produzidos por hora. Cenário Futuro

Foi realizada uma nova simulação, utilizando os mesmos parâmetros que a anterior, contendo os pontos de melhorias propostos no trabalho. Com isso, por meio da figura 5, podemos perceber expressiva melhoria em relação à distribuição das atividades e tempos entre os postos de trabalho, onde, o tempo médio de execução das atividades entre os postos de trabalhos ficaram mais homogêneos e balanceados durante a linha de produção.

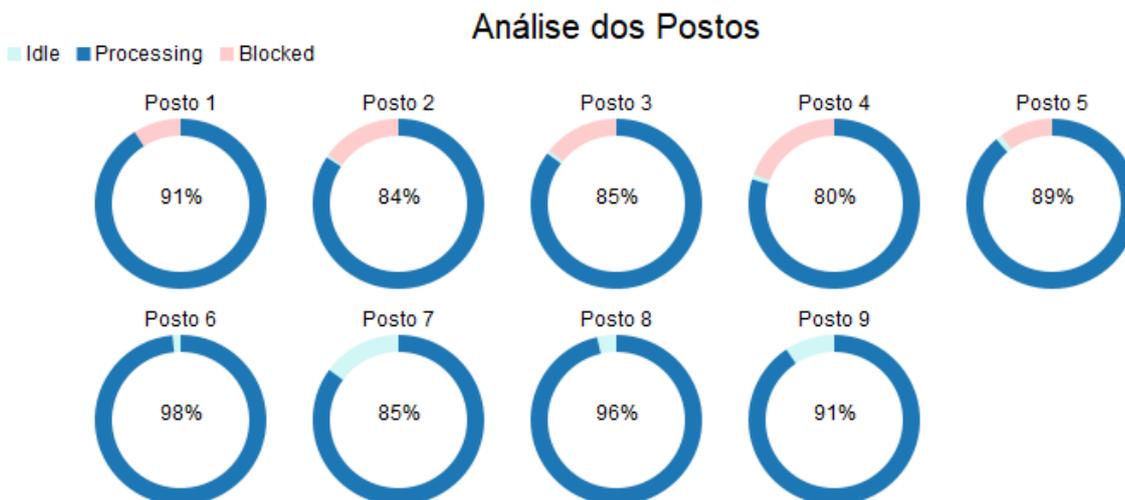
Figura 5: Tempo (segundos) médio executado nos postos de trabalho após melhorias.



Fonte: Autoria própria (2018)

Outro ponto significativo de melhoria foi em relação ao tempo de processo e tempo ocioso, como demonstrado na figura 6, podemos verificar expressivas reduções nos tempos ociosos entre os postos de trabalho.

Figura 6: Análise média dos postos do tempo processado e tempo ocioso após melhorias.



Fonte: Autoria própria (2018)

Analisando a linha de produção de forma geral, com as melhorias propostas, o tempo médio ocioso entre os postos de trabalho passou de 29% para 11%, obtendo, portanto, uma redução de 18% do tempo médio ocioso da linha de produção.

Diante das propostas de melhorias, a produtividade e a taxa de saída dos produtos aumentaram. A quantidade de itens produzidos antes das melhorias eram de 194, e após as melhorias obteve-se um aumento de 85 produtos, totalizando 279 produtos fabricados durante o período simulado, o que corresponde à um aumento de aproximadamente 30,46% da produção. Além disso, a taxa de saída por hora do produto aumentou 30,30%, passando de 0,91 produtos/hora, para 1,32 produtos/hora.

Com isso, a produção diária do produto passou de 8 para 11, representando um aumento de mais de 27% na produtividade, além de ultrapassar a meta estipulada pela empresa, de 10 itens à serem produzidos diariamente.

## **5. Conclusão**

O trabalho teve como objetivo principal elaborar um estudo para aumentar o número de produtos fabricados diariamente, conforme a demanda planejada e estipulada pela gerência. Muitas empresas tratam esta problemática de forma superficial, contratando novos colaboradores, estendendo o horário de trabalho ou realizando turnos extras, não resolvendo efetivamente as variáveis responsáveis pela causa raiz da problemática. Isso se dá pelo fato de muitas empresas não conhecerem métodos, técnicas e ferramentas da literatura para identificar e solucionar problemas, bem como, a falta de dados para auxiliar na tomada de decisões.

Com isso, o presente estudo permitiu observar como simples métodos e ferramentas podem ser extremamente eficientes para solucionar um problema específico. A dificuldade em aumentar a produção diária do produto estavam relacionadas a algumas variáveis abordadas no trabalho, como a falta de balanceamento entre os postos de trabalho, gerando gargalos produtivo, e atividades que não agregavam valor aos produtos, principalmente movimentação desnecessárias. Tais variáveis afetavam diretamente a produtividade na linha de produção e, conseqüentemente, tinha-se certa dificuldade em aumentar o número de itens produzidos diariamente. Os resultados obtidos por meio das simulações demonstram a efetividade das ferramentas e métodos citados. Anteriormente a média de produção diária era

de 8 itens, após a realização do estudo, a média de produção chegou próximo aos 12 itens produzidos diariamente, representando um aumento de mais de 30% na produção.

O principal ponto a ser observado é em relação aos baixos custos e investimentos necessários para a execução do estudo, por meio da coleta dos dados foi possível ajustar o balanceamento da linha. Por meio do diagrama de *Spaghetti* foi possível identificar e reduzir as movimentações excessivas. Tais procedimentos não tiveram necessidade de investimentos, apenas o custo da hora/homem dos colaboradores envolvidos no estudo, e ainda, para que o mesmo viabilize e seja implementado, apenas é necessário treinamentos para padronização e organização da linha e mudanças simples no *Layout* produtivo.

## Referências

- ALVAREZ, R. R.; ANTUNES, J. A. **Takt-Time: Conceitos e Contextualização Dentro do Sistema Toyota de Produção**, Gest. Prod. [online]. 2001, vol.8, n.1. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/gp/v8n1/v8n1a01.pdf>.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: Projeto e medida do trabalho**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.
- CORRÊA, H.L.; CORRÊA, C.A. **Administração de Produção e Operações**. São Paulo: Editora Atlas, 2006.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- LIKER, J. K.; MEIER, D. **O Modelo Toyota - Manual de Aplicação** - Um Guia Prático para a Implementação dos 4ps da Toyota. Porto Alegre: Editora Bookeman, 2015.
- MARIA, A. **Binghamton, NY, Introduction to Modeling and Simulation**. Binghamton, State University of New York at Binghamton Department of Systems Science and Industrial Engineering. Disponível em: <http://acqnotes.com/Attachments/White%20Paper%20Introduction%20to%20Modeling%20and%20Simulation%20by%20Anu%20Maria.pdf>.
- MARTINS, P.G.; LAUGENI, F.P. **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Saraiva, 2015.
- OLIVEIRA, Flávio Luiz de; MONTEIRO, Hernani. Aplicação do processo 'lean manufacturing' na cabine de pintura de aeronaves. São José dos Campos, SP, 2011. 21 f. Trabalho de Graduação (Engenharia de Materiais) - Universidade do Vale do Paraíba - Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo - FEAU, São José dos Campos, 2011. Disponível em: [http://biblioteca.univap.br/dados/000003/0000039E.L.eMonteiro\\_H..pdf](http://biblioteca.univap.br/dados/000003/0000039E.L.eMonteiro_H..pdf).
- ROCHA, D. R. D. Balanceamento de linha – um enfoque simplificado. **Revista de Administração e Contabilidade Faculdade 7 de Setembro**, vol. 2, n° 01, 2005. Disponível em <https://xa.yimg.com/kq/groups/24786403/1598296858/name/balanceamento+de+linha+-+um+enfoque+simplificado+-+texto.doc>.
- RODRIGUES, M. V. **Entendendo, Aprendendo e Desenvolvendo: Sistemas de Produção Lean Manufacturing**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2015.
- ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando Fluxo Contínuo**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar: Mapeando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Atlas, 2009.
- WERKEMA, C. **Criando a Cultura Lean Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2012a.
- WERKEMA, C. **Lean Seis Sigma – Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2012b.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.