



Exacta

ISSN: 1678-5428

exacta@uninove.br

Universidade Nove de Julho

Brasil

Diniz Oliveira, Isaac Messias; Canha da Paz, Carla; Maniçoba da Silva, Adriano; de Paula  
Ferreira, William

Balanceamento de linha e arranjo físico: estudo de caso em uma linha de produção de  
cabines para máquinas de construção

Exacta, vol. 15, núm. 1, 2017, pp. 101-110

Universidade Nove de Julho

São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81050129008>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Balanceamento de linha e arranjo físico: estudo de caso em uma linha de produção de cabines para máquinas de construção

*Line balancing and facility layout: case study on a production line for construction machinery booths*

Isaac Messias Diniz Oliveira<sup>1</sup>

Carla Canha da Paz<sup>2</sup>

Adriano Manicoba da Silva<sup>3</sup>

William de Paula Ferreira<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Especialista em Logística e Operações pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP, São Paulo, SP [Brasil]

<sup>2</sup> Especialista em Logística e Operações pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP, São Paulo, SP [Brasil]

<sup>3</sup> Graduado em Administração de Empresas pela Faculdade do Litoral Sul Paulista – FALS, Mestre em Gestão de Negócios pela Universidade Católica de Santos e Doutor em Administração pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo – FEA/USP e Professor no Instituto Federal de São Paulo – Campus Suzano, São Paulo, SP [Brasil]

<sup>4</sup> Mestre em Engenharia Industrial pela Tallinn University of Technology – TUT e Royal Institute of Technology – KTH. Pós-Graduado em Gestão Industrial pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC Minas. Graduado em Engenharia de Produção pela Faculdade de Engenharia de Minas Gerais, Técnico em Eletrônica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFETMG e Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP, Belo Horizonte, MG [Brasil]. william.ferreira@ifsp.edu.br

## Resumo

O dimensionamento adequado da capacidade de produção é fundamental para prover suporte ao posicionamento estratégico de uma empresa no mercado globalizado e cada vez mais competitivo. Neste trabalho, teve-se como objetivo propor o balanceamento de linha juntamente com a melhoria do arranjo físico como estratégia de adequação da capacidade. Para tanto, foi realizado um estudo de caso numa linha de produção de cabines para máquinas de construção numa multinacional japonesa. Como resultado, o balanceamento proposto, comparado com o utilizado pela empresa, mostrou-se mais eficiente, otimizando os recursos disponíveis. Verificaram-se vantagens da análise conjunta do balanceamento de linha com o arranjo físico.

**Palavras-chave:** Arranjo físico. Balanceamento de linha. Capacidade de produção.

## Abstract

The adequate sizing of production capacity is fundamental to support the strategic positioning of a company in a globalized market, which is increasingly competitive. The aim of this study was to combine line balancing with facility layout optimization as a capacity adequacy strategy. To achieve this, a case study was carried out on a production line of cabins for construction machines at a Japanese multinational. As a result, the proposed line balancing, compared to the one used by the company, proved to be more efficient, optimizing the available resources. There were evident advantages in the joint analysis of line balancing with layout strategy.

**Keywords:** Layout strategy. Line balancing. Production capacity.

# 1 Introdução

As mudanças no cenário mundial, provocadas pela globalização da economia, acirraram a competição pelos mercados consumidores. Para atender padrões cada vez mais elevados de qualidade, com preços competitivos, as empresas precisam aperfeiçoar seus processos produtivos. Neste cenário, a manufatura tem papel estratégico (Snatkin, Eiskop, Karjust & Majak, 2015).

A competitividade advém das muitas atividades que uma firma desempenha projetando, produzindo, comercializando, entregando e fornecendo suporte ao seu produto. Cada uma dessas atividades pode contribuir para a posição de custo relativa da firma e criar a base para a diferenciação (Chan, Ngai & Moon, 2016).

Um dos principais desafios nas indústrias que utilizam linhas de montagem é gerenciar a capacidade, garantindo baixos custos de transformação. Dessa maneira, o balanceamento de linha de montagem, como método para dimensionar a capacidade produtiva, permite otimizar os recursos disponíveis, tais como tempo, mão de obra, equipamentos e materiais necessários para a fabricação dos produtos.

Apesar de serem recorrentemente estudados, trabalhos anteriores apontam que os métodos para balanceamento não são avaliados em conjunto com o arranjo físico, conforme pontuado na revisão de Breginski (2013). Deste modo, o objetivo desta investigação foi propor o balanceamento de linha juntamente com a análise de arranjo físico.

A pergunta do estudo foi a seguinte: “A análise conjunta do balanceamento de linha e arranjo físico aumenta a eficiência dos operadores num processo produtivo, quando comparada com o balanceamento de maneira isolada?” Para tanto, foi analisado o balanceamento de linha de montagem de cabines da linha amarela de uma multinacional japonesa localizada na região do Alto Tietê

(Estado de São Paulo). A próxima seção apresenta-se a revisão da literatura sobre os temas relacionados ao problema.

# 2 Revisão da literatura

Administração da Produção e Operações trata da maneira pela qual as organizações produzem bens e serviços. É a área da Administração que utiliza os recursos físicos e materiais da empresa para perfazer o processo produtivo por meio de competências essenciais. Dentre essas, destaca-se a conversão de matérias-primas em produtos acabados ou serviços especializados ao mercado (Carvalho, Silva Filho & Fernandes, 1998). De uma forma geral, os principais critérios de desempenho nos quais a produção deve agir são: qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo (Slack, Chambers & Johnston, 2009).

Os sistemas de produção podem ser definidos como um conjunto de atividades e operações inter-relacionadas envolvidas na produção de bens e serviços. Embora as operações sejam similares na forma de transformar *input* em *output*, eles diferem em alguns aspectos. Deste modo, a classificação dos sistemas produtivos tem por finalidade facilitar o entendimento das características inerentes a cada sistema de produção e sua relação com a complexidade das atividades de planejamento e controle destes sistemas (Esmailian, Behdad & Wang, 2016; Moreira, 2008). A próxima seção trata da classificação dos sistemas de produção.

## 2.1 Sistemas de produção

Segundo Laurindo e Mesquita (2000), os principais sistemas de produção podem ser classificados como:

- Produção empurrada – neste sistema, produz-se de acordo com uma previsão de demanda.

Caso a demanda real da estação de trabalho seja inferior à projetada, a estação “empurra” o excedente para o estágio seguinte, formando estoques intermediários ou estoque de produtos acabados.

- Produção puxada – em que as estações de trabalho produzem de acordo com a demanda real apresentada, isto é, um processo posterior gera informações ao processo anterior a respeito das partes e materiais necessários, da quantidade necessária destes e de quando e onde são necessários. Nada é produzido pelo processo anterior sem que o posterior tenha apontado ser realmente preciso. Reduzindo, assim, a formação de estoques.

## 2.2 Produção enxuta

A produção enxuta, baseada no Sistema Toyota de Produção, surgiu como um sistema de manufatura cujo objetivo principal é otimizar os processos por meio da redução contínua de desperdícios (Holweg, 2007; Womack & Jones, 1994).

Segundo Ohno (1997), são sete os tipos de desperdícios que precisam ser combatidos: superprodução; espera; desperdício em transporte; desperdício de processamento; excesso de estoque; desperdício de movimento; e produtos defeituosos. Além desses, conforme Womack e Jones (2003), a subutilização do capital humano (talento, criatividade, etc.) é outra forma de desperdício que também precisa ser combatida pelas organizações.

Vale ressaltar que a produção enxuta apresenta alternativas importantes para otimização do *layout* e balanceamento de linha, como verificado no trabalho de Lam, Toi, Tueyen e Hien (2016).

## 2.3 Planejamento e Controle de Produção

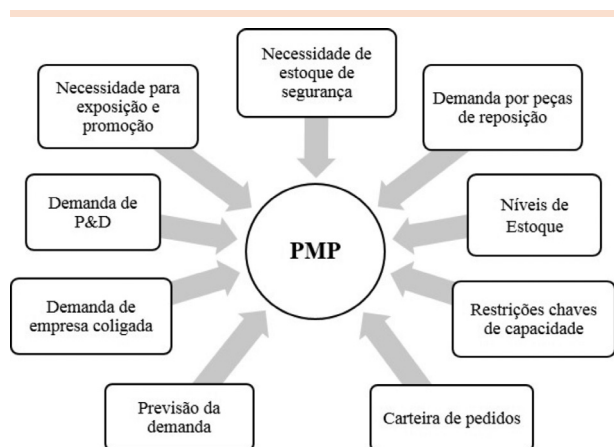
De acordo com Tubino (2009), o Planejamento e Controle de Produção (PCP) é

responsável pela coordenação e aplicação dos recursos produtivos de forma a atender os planos estabelecidos em três níveis:

- Nível estratégico – em que são definidas as políticas estratégicas de longo prazo, na qual o PCP formula o Planejamento Estratégico da Produção.
- Nível tático – o PCP desenvolve o Plano Mestre da Produção (PMP), ou seja, estabelece os planos de médio prazo para produção.
- Nível operacional – o PCP prepara a Programação da Produção no curto prazo, administrando estoques, sequenciando, emitindo e liberando as ordens de compras e fabricação, além de realizar o acompanhamento e controle da produção, gerando relatórios de avaliação de desempenho.

O equilíbrio entre planejamento e controle muda ao longo do tempo. O planejamento a longo prazo normalmente é feito de forma agregada. Segundo Singhal e Singhal (2007), o planejamento agregado é mais abrangente e faz o elo entre os diversos setores da empresa, como o setor de finanças, vendas, produção e *marketing*.

O programa-mestre não é uma previsão de vendas, representa uma declaração de demanda. Deve levar em conta a demanda e o plano de produção, e outras importantes considerações como solicitações pendentes, disponibilidade de material, de capacidade, políticas e metas gerenciais. É o resultado do processo de programação-mestre. O programa-mestre é uma representação combinada de previsões de demanda, pendências, o programa-mestre em si, o estoque projetado disponível e a quantidade disponível para promessa (Cox & Blackstone, 2002). A Figura 1 exibe as entradas que devem ser consideradas na geração do programa mestre de produção.



**Figura 1: Dados de entrada para o programa mestre de produção**

Fonte: Slack et al. (2009, p.428).

## 2.4 Arranjo físico

Para Drira, Pierreval e Hajri-Gabouj (2007), o arranjo físico tem como objetivo garantir o manuseio eficiente dos materiais. Segundo Silva e Rentes (2012), o *layout* ou arranjo físico do setor de produção de uma organização pode ser definido como a localização e a distribuição espacial dos recursos produtivos, tais como máquinas, equipamentos, pessoas, e instalações, no ambiente operacional. Do ponto de vista de Slack, Chambers e Johnston (2009), o arranjo físico de uma operação ou processo dispõe sobre como seus recursos transformadores são posicionados uns em relação aos outros e como as várias tarefas da operação serão alocadas a esses recursos transformadores. Os arranjos físicos podem ser de quatro tipos:

- Posicional – os recursos transformados não se movem entre os recursos transformadores. Pelo contrário, equipamentos, maquinário e pessoas movem-se na medida do necessário.
- Por processo – também conhecido como arranjo físico funcional. Os recursos com função ou processos similares são agrupados. Os materiais e produtos se deslocam pelos diferentes processos, à medida que estes se tornam necessário.

- Produto ou linha – os recursos produtivos transformadores são localizados inteiramente segundo a melhor conveniência do recurso que está sendo transformado. É mais adequado a operações com fluxo de processamento similares.
- Celular – os recursos transformados são pré-selecionados para movimentar para uma parte específica da operação (célula), na qual todos os recursos transformadores necessários a atender as suas necessidades imediatas de processamento se encontram. As células podem estar organizadas por um arranjo funcional ou por produto. A próxima seção trata do balanceamento de linha.

## 2.5 Balanceamento de linha

Para Kumar (2013), o balanceamento de linha é o nivelamento da carga de trabalho ao longo do fluxo de valor para remover gargalos e excesso de capacidade. A meta do balanceamento de linha é empregar eficientemente os recursos produtivos (Hazir & Dolgui, 2014). De acordo com Sivasankaran e Shahabudeen (2014), a eficiência de uma alternativa é avaliada levando-se em conta quanto tempo livre, ocioso, ela gera. Para se iniciar um balanceamento é necessário definir os limites técnicos da capacidade de produção, bem como o tempo do ciclo que é disponível em cada posto de trabalho de uma linha de produção.

O problema de balanceamento de uma linha de montagem com diversos tipos de produtos pode ser definido da seguinte maneira: dado o número de modelos, as suas tarefas associadas, o tempo para realização de cada tarefa e suas relações de precedência, o problema consiste em alocar as tarefas a uma determinada sequência de estações, de modo que as relações de precedência sejam satisfeitas e a capacidade otimizada (Becker & Scholl, 2006; Erel & Gokcen, 1999).

Os trabalhos ou tarefas devem ser analisados separadamente e cronometrados individualmente, de modo que, depois de um determinado número de repetições, serão calculadas as medidas dos tempos então coletadas Kumar (2013). Para tanto, Martins e Laugení (2009) revelam as principais finalidades do estudo de tempos, que são: estabelecer padrões para os programas de produção; fornecer dados para a determinação dos custos padrões; estimar o custo de um produto novo e fornecer dados para o estudo de balanceamento das estruturas de produção.

A análise do balanceamento de linhas de produção define quantas estações de trabalho a linha terá e quais tarefas atribuir a cada uma a fim de que o número mínimo de trabalhadores e a quantidade mínima de máquinas sejam usados para fornecer a quantidade necessária de capacidade. O objetivo é reduzir o número de estações de trabalho dado um tempo de ciclo ou diminuindo o tempo de ciclo dado o número de estações de trabalho (Make, Rashid & Razali, 2016). Os autores descrevem ainda o procedimento de balanceamento de linha, da seguinte maneira:

- 1, Determinar quais tarefas devem ser executadas para concluir uma unidade de um produto.
2. Determinar a ordem ou sequência na qual as tarefas devem ser executadas.
3. Elaborar o fluxograma de tarefas.
4. Estimar as durações das tarefas.
5. Calcular o tempo de ciclo.
6. Calcular o número mínimo de estações de trabalho.
7. Usar uma regra heurística para atribuir tarefas a estações de trabalho de forma que alinhada de produção seja balanceada.

Na regra da heurística de utilização incremental, segundo Gaither e Frazier (2001, p. 212), “as tarefas são acrescentadas a uma estação de

trabalho em ordem de precedência de tarefa, uma de cada vez, até que a utilização seja de 100% ou se observe que tal utilização diminua”. Então, esse procedimento é repetido na estação de trabalho seguinte para as tarefas restantes. Já na heurística da tarefa mais longa, tarefas são adicionadas a uma estação de trabalho, uma de cada vez, na ordem de precedência das tarefas. Se for necessário que a escolha seja entre duas ou mais tarefas, aquela que tem a mais longa duração será adicionada. Esta etapa tem o objetivo de designar o mais rápido possível as atividades que são mais difíceis de programar numa estação de trabalho. Tarefas com durações menores são, então, reservadas para se aprimorar a solução (Sivasankaran & Shahabudeen, 2014).

Mudanças na demanda por produto, modificações de máquinas, variações no aprendizado e treinamento de empregados, e outras mudanças podem levar a linhas de produção desbalanceadas ou com capacidade insuficiente ou excessiva, gerando, assim, a necessidade de rebalancear a linha de produção.

Apresentados os conceitos importantes para a condução do estudo, na próxima seção, discorre-se sobre os procedimentos metodológicos.

### 3 Metodologia

Este trabalho, do ponto de vista de sua natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada, objetivando gerar conhecimentos para aplicações práticas dirigidas à solução de problemas específicos da indústria. Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, trata-se de um estudo de caso. Segundo Yin (2015), estudo de caso é uma investigação empírica de fenômeno contemporâneo.

As investigações podem ser classificadas de acordo com a sua finalidade quanto aos fins e quanto aos meios (Vergara, 2000). Referente



aos fins, neste estudo, utilizaram-se a pesquisa exploratória, que proporciona maior familiaridade com o problema, e a descritiva, que expõe características de determinada população, podendo estabelecer correlação entre variáveis e definir sua natureza.

Conforme Gil (2000), na pesquisa exploratória, busca-se desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, com vistas à formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. Assim, por meio dos dados de produção, que serviram de base para o estudo, procurou-se identificar as variáveis determinantes no processo investigado, tais como volume de produção mensal de cabines, número de operadores no processo de produção e produtividade. O caráter descritivo se justifica neste trabalho por aplicar fórmulas já construídas, visando a relatar os resultados obtidos mediante o emprego da modelagem matemática.

Para analisar e tratar os dados, foram utilizados métodos qualitativos e quantitativos. Segundo Ferrari (1982), não existem análises quantitativas nem qualitativas completamente puras, elas estão relacionadas entre si. Portanto, neste estudo, utilizaram-se as duas vertentes.

Observações diretas e folhas de observações foram usadas como técnicas de coletas de dados, registrando-se os tempos de operação por cada cabine. A próxima seção apresenta a análise dos resultados.

## 4 Análise de resultados

Este estudo de caso foi realizado em uma empresa multinacional situada na cidade de Suzano, SP. A organização produz máquinas de construção nos modelos trator de esteira (Crawler Tractor – CT), pás carregadeiras (Wheel Loaders – WL), escavadeiras hidráulicas (Hydraulic Excavators –

HE) e motoniveladoras (Motor Graders – MG). O processo verificado é o de montagem de cabines.

O expediente de trabalho inicia-se às 7 h 30 da manhã, seguindo até as 17 h 10 da tarde, tendo intervalo de uma hora de almoço que representa uma jornada diária de trabalho de 8 h 40 min. Considerando intervalos de 20 minutos no período da manhã, mais 20 minutos, no da tarde, tem-se um tempo improdutivo de 40 minutos que corresponde a 7,7% da jornada diária.

Além dos tempos improdutivos, foram incluídos para o cálculo do tempo real trabalhado, 3% de absenteísmo (funcionários ausentes por motivo de saúde com atestado médico, faltas e atrasos), e 9% de banco de horas e férias, resultando, desta forma, em 6 h 57 min trabalhados por dia, ou 417 minutos disponíveis por cada operador em um dia de trabalho. Estes dados foram resumidos na Tabela 1.

**Tabela 1: Tempo ocioso observado na empresa**

Tempo total disponível	520 minutos
% Médio de improdutividade	7,7%
% Médio de absenteísmo (RH)	3%
% Médio de banco de hora ou férias	9%
Tempo real trabalhado por dia	417 minutos

Fonte: Elaborada a partir dos dados coletados na empresa.

Por meio dos relatórios e fichas de trabalho, pode-se verificar o conteúdo de trabalho, ou seja, o tempo de montagem de cada cabine (Tabela 2).

**Tabela 2: Tempos de montagem de cada cabine**

Tarefa	Tempo (minutos)
Cabine A (CT)	1080
Cabine B (WL)	1020
Cabine C (HE)	900
Cabine D (MG)	1140

Fonte: Elaborada a partir dos dados coletados na empresa.

Como o processo investigado é organizado em duas linhas de montagem, o processo de montagem de cabines opera com *lead time* de um dia na frente das linhas de montagem e também

trabalha de acordo com as necessidades do Plano Mestre de Produção, disposto em número de máquinas por dia. Assim, a mesma programação é replicada na linha de montagem de cabines a fim de atender a demanda sem que haja atrasos para garantir a produtividade da linha.

De acordo com o plano de produção, foi verificada uma média de necessidade de cada cabine por dia, conforme pode ser observado na Tabela 3.

Verificou-se que o processo de montagem de

**Tabela 3: Tempo por cabine e necessidade diária**

Tarefa	Tempo (minutos)	Necessidade diária	Tempo total necessário
Cabine A (CT)	1080	3	3240
Cabine B (WL)	1020	2	2040
Cabine C (HE)	900	3	2700
Cabine D (MG)	1140	1	1140

Fonte: Elaborada a partir dos dados coletados na empresa.

cabines dispunha de 26 operadores para realizar a produção. O tempo total de trabalho era de 9120 minutos. Adotou-se como tempo de ciclo o tempo disponível para trabalho que é de 417 minutos por operador por dia.

Calculou-se ainda a Eficiência Atual (EA) de trabalho (equação 1), uma vez que se sabe o número atual de operadores (NA), na qual a eficiência é igual ao tempo total de trabalho dividido pelo número atual de funcionários, dividido pelo ciclo de trabalho (Tabela 4).

$$EA = \frac{\text{Conteúdo do trabalho (CT)}}{NA \times c} = \frac{9120}{26 \times 417} = 0,84 \quad (1)$$

Uma vez calculada a eficiência do setor de montagem de cabines e, com o número de funcionários por cabine, é possível calcular a eficiência por modelo de cabines, conforme exibido na Tabela 5.

**Tabela 4: Eficiência atual da linha de montagem de cabines**

Tempo total de trabalho	9120
Número atual de funcionários	26
Tempo de ciclo	417
Eficiência	84%

Fonte: Elaborada a partir dos dados coletados na empresa.

**Tabela 5: Eficiência por modelo de cabines**

Tarefa	Tempo (minutos)	N. de funcionários	Eficiência
Cabine A (CT)	3240	10	78%
Cabine B (WL)	2040	7	70%
Cabine C (HE)	2700	7	92%
Cabine D (MG)	1140	2	137%

Fonte: Elaborada a partir dos dados coletados na empresa.

Assim, para atender a produção com o máximo de eficiência possível foi possível calcular o número de funcionários necessários e, consequentemente, balancear a linha.

O cálculo do número ideal de funcionários (N) foi obtido pela divisão do tempo total de trabalho pelo tempo de ciclo, conforme exibido na equação 2.

$$N = \frac{\text{Conteúdo do trabalho (CT)}}{\text{Tempo de ciclo (TC)}} = \frac{9120}{417} = 21.87 \quad (2)$$

Para montar a quantidade de cabines necessárias pelas linhas de produção de máquinas, conclui-se que o número ideal de funcionários é de 22 pessoas.

Logo, a eficiência teórica para a linha de produção de cabines foi obtida, como exibido na equação 3.

$$E = \frac{\text{Conteúdo do trabalho (CT)}}{N \times C} = \frac{9120}{22 \times 417} = 0,99 \quad (3)$$



Verificando a diferença entre a eficiência real atual e a eficiência teórica calculada, encontra-se o valor de 15,41%, potencial de melhoria. Esse valor representa o potencial de melhoria na eficiência caso se consiga operar com os valores teóricos.

Após se calcular o número teórico de funcionários para o setor de montagem de cabines, que é de 22 pessoas, pode-se fazer a distribuição destes trabalhadores, e definir o número de indivíduos para cada célula de montagem de cabines.

Por exemplo, na montagem da Cabine A (CT), que possui um tempo de 3240 minutos e que atualmente tem dez funcionários, pode-se calcular o número ideal de trabalhadores, conforme exibido na equação 1 ( $N = 3240 \text{ minutos} / 417 \text{ minutos}$ ), resultando 7,76 pessoas, sendo, após o arredondamento, necessários oito indivíduos para montagem desse modelo de cabine.

Como demonstrado no cálculo, é possível reduzir a ociosidade nessa célula de montagem, pois, antes, eram utilizadas dez pessoas (Tabela 5). Com o balanceamento, será possível executar o mesmo serviço com oito trabalhadores treinados e aptos a montar cabines nesse modelo.

Uma vez definido o novo número de funcionários para essa célula de trabalho, isso possibilita o cálculo da nova eficiência, conforme apresentado na equação 2, ( $\text{Eficiência} = 3240 \text{ minutos} / (8 \text{ pessoas} \times 417 \text{ minutos})$ ), resultando em 0,9712 que corresponde a 97,12%.

Nota-se uma melhora na eficiência de 19,12% nessa célula, uma vez que a eficiência antes do balanceamento era de 78% e após o balanceamento aumentou para 97,12%. Desta mesma forma, calculou-se o número de funcionários e a eficiência em cada setor de montagem de cabines, como apresentado na Tabela 6.

Após o balanceamento de linha e a definição do número ideal de funcionários, houve a necessidade de estudo do *layout*; pois, até então, as cabines eram montadas separadamente e, para uma

**Tabela 6: Número de funcionários e Eficiência por cada modelo de Cabine**

Tarefa	Tempo (minutos)	N. de Funcionários	Eficiência
Cabine A (CT)	3240	8	97%
Cabine B (WL)	2040	5	98%
Cabine C (HE)	2700	6	108%
Cabine D (MG)	1140	3	91%
Total/Média		22	99%

Fonte: Elaborada pelos autores do estudo.

melhor disposição destas e para facilitar o controle de eficiência e ociosidade dos funcionários, o melhor método de montagem das cabines seria em linha de produção.

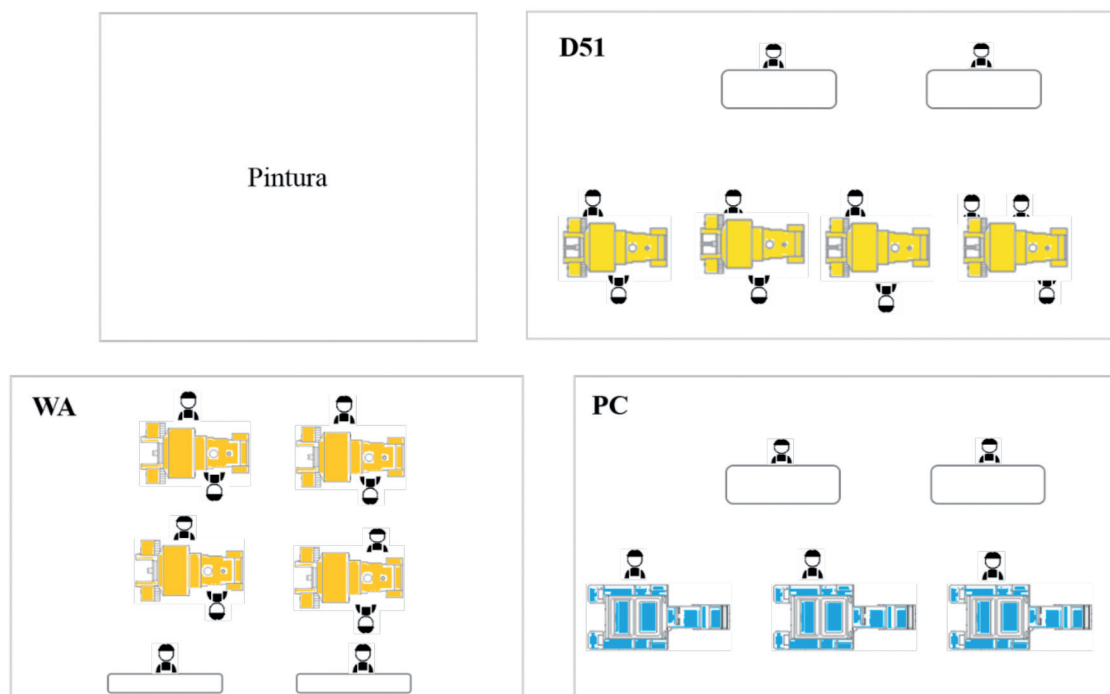
Conforme ilustrado na Figura 2, as cabines eram dispostas separadamente, o que causava dificuldades na movimentação dos materiais, uma vez que, em algumas montagens, se acumulavam até quatro pessoas na cabine, gerando ociosidade e perda na eficiência. Após sair do processo de pintura, as cabines eram direcionadas cada qual para sua célula de montagem e ali as atividades de montagem se iniciavam.

Com a atividade de balanceamento de linha, foi verificado que o número ideal de pessoas por cabine seria de duas. Dessa forma, não ocorreriam interferências na linha de montagem. Para atender a nova configuração de 22 funcionários, foi definido que operariam com dez postos de montagem, divididos em dois postos de submontagem, com três pessoas cada, e a linha de montagem com oito estágios e dois indivíduos, conforme mostra a Figura 3.

Os resultados foram satisfatórios, uma vez que foi possível identificar um aumento da eficiência da linha de produção. A próxima seção apresenta a conclusão do estudo.

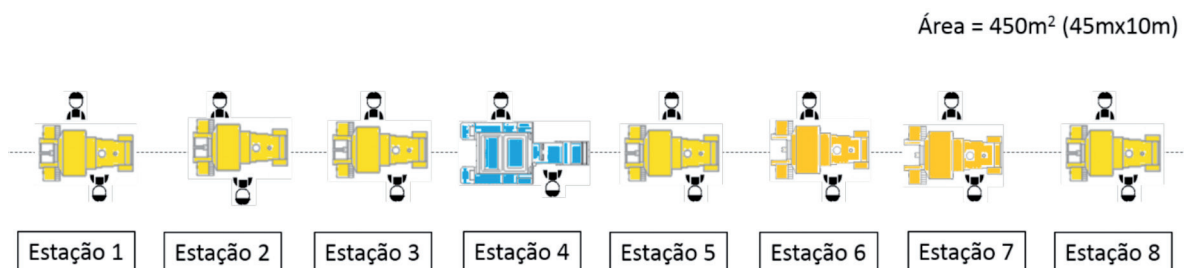
## 5 Conclusão

Nesta pesquisa, foi apresentado um estudo de caso de balanceamento de linha juntamen-



**Figura 2: Layout da montagem de cabines com as 26 pessoas**

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados coletados na empresa.



**Figura 3: Layout de montagem de cabines com 8 estágios e 16 pessoas**

Fonte: Os autores.

te com uma melhoria proposta no arranjo físico. Verificou-se a hipótese de que a análise de balanceamento, em conjunto com a melhoria do arranjo físico, aumentaria a eficiência da linha de produção. Os resultados apresentaram dados satisfatórios.

Os achados nesta investigação permitiram evidenciar que uma linha de montagem balanceada, quando acompanhada de arranjo físico melhorado, reduz desperdício e permite às indústrias aumentar sua competitividade. Esse é um processo contínuo, à medida que a linha e o

layout se modificam, seja pela alteração de demanda ou produto.

Das limitações que este estudo apresenta, pode-se citar o fato de se ter analisado apenas uma linha de produção, o que pode impedir generalizações para outros contextos. Além disso, foi comparada uma situação real com uma situação planejada. Assim, os valores deverão ser reavaliados após a empresa implementar as melhorias propostas. Sugere-se que em pesquisas futuras empreenda-se a análise realizada neste estudo em outro contexto a fim de contribuir com esta temática.

## Referências

- Becker, C., & Scholl, A. (2006). A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. *European journal of operational research*, 168(3), 694-715.
- Breginski, R. B. (2013). *Balanceamento e sequenciamento de linhas de montagens de modelo misto*. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFPR, Curitiba, PR, Brasil.
- Carvalho, M. F., Silva, O. S., Filho & Fernandes, C. A. O. (1998). O planejamento da manufatura – práticas industriais e métodos de otimização. *Gestão & Produção*, 5(1), 34-59.
- Chan, A. T., Ngai, E. W., & Moon, K. K. (2016). The effects of strategic and manufacturing flexibilities and supply chain agility on firm performance in the fashion industry. *European Journal of Operational Research*. DOI: 10.1016/j.ejor.2016.11.006
- Cox, J. F., & Blackstone, J. H. (Eds.). (2002). *APICS dictionary* (10th ed.). Falls Church, VA: American Production & Inventory.
- Drira, A., Pierreval, H., & Hajri-Gabouj, S. (2007). Facility layout problems: a survey. *Annual Reviews in Control*, 31(2), 255-267.
- Erel, E., & Gokcen, H. (1999). Shortest-route formulation of mixed-model assembly line balancing problem. *European Journal of Operational Research*, 116(1), 194-204.
- Esmailian, B., Behdad, S., & Wang, B. (2016, April). The evolution and future of manufacturing: A review. *Journal of Manufacturing Systems*, 39, 79-100.
- Ferrari, A. T. (1982). *Metodologia da pesquisa científica*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil.
- Gaither, N., & Frazier, G. (2001). *Administração da produção e operações* (8a ed.). São Paulo: Pioneira Thomson Learning.
- Gil, A. C. (2000). *Técnicas de pesquisa em economia e elaboração de monografias*. São Paulo: Atlas.
- Hazır, O., & Dolgui, A. (2014). *Robust assembly line balancing: state of the art and new research perspectives* (Cap. 9, pp. 211-223). Hauppauge, NY: Nova Science Publishers.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of operations management*, 25(2), 420-437.
- Kumar, D. M. (2013). Assembly line balancing: a review of developments and trends in approach to industrial application. *Global Journal of Research In Engineering*, 13(2).
- Lam, N. T., Toi, L. M., & Tuyen, V. T. T. (2016). Lean Line Balancing for an Electronics Assembly Line. *Procedia CIRP*, 40, 437-442.
- Laurindo, F. J. B., & Mesquita, M. D. (2000). Material requirements planning: 25 anos de história; uma revisão do passado e prospecção do futuro. *Revista Gestão & Produção*, 7(3), 320-337.
- Make, M. R. A., Rashid, M. F. F. A., & Razali, M. M. (2016). A review of two-sided assembly line balancing problem. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1-21.
- Martins, P. G., & Laugen, F. P. (2009). *Administração da produção*. São Paulo: Saraiva.
- Moreira, D. A. (2008). *Administração da produção e operações*. São Paulo: Cengage Learning.
- Ohno, T. (1997). *O sistema Toyota de produção além da produção*. Porto Alegre: Bookman.
- Silva, A. L. D., & Rentes, A. F. (2012). Um modelo de projeto de layout para ambientes job shop com alta variedade de peças baseado nos conceitos da produção enxuta. *Gestão & Produção*, 19(3), 531-541.
- Singhal, J., & Singhal, K. (2007). Holt, Modigliani, Muth, and Simon's work and its role in the renaissance and evolution of operations management. *Journal of Operations Management*, 25(2), 300-309.
- Sivasankaran, P., & Shahabudeen, P. (2014). Literature review of assembly line balancing problems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 73(9-12), 1665-1694.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2009). *Administração da produção*. São Paulo: Atlas.
- Snatkin, A., Eiskop, T., Karjust, K., & Majak, J. (2015). Production monitoring system development and modification. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 64(4), 567.
- Tubino, D. F. (2009). *Manual de planejamento e controle da produção*. São Paulo: Atlas.
- Vergara, S. C. (2000). *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. São Paulo: Atlas.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your organisation*. New York, NY: Free Press Edition, 397.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1994). From lean production to lean enterprise. *Harvard business review*, 72(2), 93-103.
- Yin, R. K. (2015). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman.

Recebido em 20 ago. 2016 / aprovado em 12 dez. 2016

### Para referenciar este texto

OLIVEIRA, I. M. D. et al. Balanceamento de linha e arranjo físico: estudo de caso em uma linha de produção de cabines para máquinas de construção. *Exacta – EP*, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 101-110, 2016.