

BALANCEAMENTO DE LINHA DE PRODUÇÃO COM USO DE HEURÍSTICA E SIMULAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE PRODUTOS ELÉTRICOS

Angelina Maria Alves Arcieri¹

Nádyja Vieira Andrade²

Aislan Silva Primo³



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

RESUMO

A produção de um bem ou serviço ao menor custo possível é um objetivo permanente de toda e qualquer organização. As empresas vêm lutando para garantir o posicionamento de seus produtos frente à concorrência, e, portanto, buscam técnicas que ajudam a otimizar os processos de produção. Dentre estas técnicas estão o Balanceamento de Linhas e a Simulação. Com base nas duas técnicas citadas, foi realizado um estudo em uma linha da produção de uma empresa de produtos elétricos, buscando conhecer detalhadamente cada parte do processo e detectar pontos falhos a serem melhorados, com o intuito de aumentar a produtividade, reduzir o tempo ocioso e o número de estações de trabalho, otimizando seu processo produtivo. O trabalho apresenta como resultados uma linha de produção balanceada, comum número de estações de trabalho e tempo ocioso reduzidos, e, conseqüentemente um aumento considerável na produtividade.

PALAVRAS-CHAVE

Otimização. Produtividade. Balanceamento de Linha. Simulação. Tempo Ocioso.

ABSTRACT

The production of a good or service at the lowest possible cost is a permanent objective of any organization. Companies are struggling to ensure the positioning of their products from the competition, and therefore seek techniques that help optimize production processes. Among these techniques are the lines Balancing and Simulation. Based on the two above mentioned techniques, a study was carried out in a line of production of electrical products company, seeking to know in detail each part of the process and detect weak points to be improved in order to increase productivity, reduce downtime and the number of workstations, optimizing the production process. The paper presents results as a balanced production line, with a number of workstations and reduced downtime, and consequently a considerable increase in productivity.

KEYWORDS

Optimization. Line Balancing. Simulation. Downtime. Productivity.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças que afetaram o segmento industrial nas últimas décadas obrigaram as empresas a se adaptarem à nova realidade competitiva do mercado e conduziram ao desenvolvimento de técnicas destinadas ao aumento de produtividade e à eliminação de perdas. Nesse cenário, surgiu uma ferramenta importante para as empresas, o estudo dos tempos e movimentos dando origem a cronograma, que tem como objetivo a realização de estudos de tempos produtivos, com análises que propõem métodos adequados e racionais, também, avaliação de processos de produção com redução de movimentos inúteis e desnecessários. (OLIVEIRA, 2009). O balanceamento de linha como método de dimensionamento da capacidade de produção permite eliminar o tempo ocioso, obtendo, consequentemente, uma melhor eficiência da linha de produção, redução ou eliminação de perdas e um aumento da produtividade.

Na busca pela melhoria contínua e, consequentemente, para garantir o posicionamento de seus produtos frente à concorrência, foram-se feitas análises na linha da produção de uma empresa de produtos elétricos, buscando conhecer detalhadamente cada parte do processo, evitando fadigas e tempos ociosos em máquinas e operadores, detectando pontos falhos a serem melhorados. Apesar de possuir um número de colaboradores adequado para a meta de produção mensal, imposta pela gerência, ser atingida, isso não ocorria. As fontes causadoras para não atingimento da meta eram: má alocação da mão de obra nos postos de trabalhos, movimentação desnecessária e perdas nos produtos durante o processo.

2 OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo principal identificar falhas e propor melhorias em uma linha de produção de uma empresa de produtos elétricos, com o intuito de minimizar o número de postos de trabalho, o tempo de ciclo, melhorando a eficiência e a utilização da linha de produção. Este estudo considera: i) fazer uma análise da situação atual da linha de produção; ii) cronometrar os tempos das atividades em cada posto de trabalho por meio da cronoanálise; iii) balancear a linha de produção por meio da Regra da Tarefa de Mais Longa Duração (LTT); iv) fazer a comparação do balanceamento da linha de produção feita pelo método heurístico com a simulação feita em ProModel®; v) fornecer melhorias a serem implantadas.

3 CONCEITOS GERAIS

3.1 ESTUDO DE TEMPOS

O estudo de tempos e métodos é definido como o estudo dos sistemas de trabalho, com o objetivo de projetar o melhor método de trabalho, geralmente o de menor custo, padronizá-lo e determinar o tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando em ritmo normal, para executar uma operação específica (BARNES, 1977).

Os aparatos utilizados para execução de um estudo de tempos são: um cronômetro, máquina para registro de tempos e máquina de filmar, além de equipamentos auxiliares como prancheta para observações, tacômetro e régua de cálculo.

Segundo Peinado e Graeml (2004), o estudo de tempos por meio da cronoanálise é uma forma de medir e controlar estatisticamente a tarefa a ser realizada, calculando o tempo padrão (TP) que define qual a capacidade produtiva da organização.

3.2 CRONOANÁLISE

A cronoanálise é uma ferramenta avançada da qualidade que permite o conhecimento detalhado das atividades, evidenciando pontos passíveis de melhoria. Ela é utilizada para analisar e cronometrar o tempo que um operador leva para realizar algum procedimento operacional no fluxo de produção, permitindo-lhe um tempo de tolerância para quebras de maquinário, necessidades fisiológicas, falta de matérias-primas, entre outros. Um dos pontos positivos deste método em relação a outros é a questão do treinamento, que permite ao analista industrial já está apto a aplicar o método com precisão, produzindo resultados imediatos.

3.3 DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DAS AMOSTRAS

Segundo Corrêa e Corrêa (2010), um dos objetivos do estudo de tempos é obter um valor de tempo para cada elemento que corresponda a um valor verdadeiro da

média de tempos, na maior parte das vezes, para os valores possíveis. A expressão a seguir, dada pela Equação (1), fornecerá o tamanho necessário da amostra para a cronometragem:

$$n = \left[\left(\frac{z}{p} \right) \left(\frac{\sigma}{\bar{t}} \right) \right]^2 \quad (1)$$

Onde:

n: Tamanho necessário da amostra

z: Quantidade de desvios-padrão necessários para o nível de confiança desejado

t: Média dos tempos (preliminar).

σ Desvio-padrão dos tempos representativos (preliminar).

p Precisão requerida para o tempo estimado como proporção do valor verdadeiro.

Os valores típicos para z são fornecidos pela Tabela 1 abaixo

Tabela 1 – Valores típicos de z

Confiança desejada (%)	Z
90	1,65
95	1,96
96	2,05
97	2,17
98	2,33
99	2,58

Fonte: Corrêa & Corrêa (2010, p. 366).

3.4 CONCEITOS DE TEMPOS

São necessários três tipos de tempos para serem calculados e analisados, o tempo normal (TN), o tempo padrão (TP) e o tempo cronometrado (TC). A análise desses tempos serve para avaliar a capacidade produtiva do operador tendo em vista suas habilidades e tolerâncias (indica a perda em porcentagem de alguma parada, seja por fadiga, quebra de máquinas, falta de material ou até por necessidades físicas) na realização da tarefa.

3.4.1 Tempo Cronometrado

O tempo cronometrado é o tempo que o profissional que está realizando a cronometragem observa no cronômetro.

3.4.2 Tempo Normal

O tempo normal (TN) é diretamente relacionado com a avaliação de ritmo do operador durante a execução do estudo de tempos. Segundo Barnes (1977), a avaliação de ritmo é um processo durante o qual o cronoanalista compara o ritmo do operador em observação com o seu próprio conceito de ritmo normal.

Quando a operação está sendo realizada no ritmo normal, corresponde uma taxa de 100%, quando o ritmo do operador é lento é inferior a 100% e quando o operador está em ritmo acelerado a taxa é maior que 100%. O tempo normal (TN) é definido pela Equação (2):

$$TN = \text{Média dos } TC \times \text{Fator de ritmo} \quad (2)$$

Onde:

TN: Tempo Normal [s]

TC: Tempo Cronometrado [s]

3.4.2 Tempo Padrão

Uma série de eventos ocorre durante a jornada de trabalho, fazendo com que a produção final obtida seja efetivamente menor do que a que seria calculada com o tempo encontrado, devido a isso o tempo normal não pode ser o utilizado. Necessidades fisiológicas dos operadores e pausas para descanso são exemplos de eventos que ocorrem na linha de produção durante todo o dia de trabalho. Para Moreira (2008), esses tempos consumidos não podem ser atribuídos de forma direta às operações, mas devem ser acrescidos ao tempo normal, resultando no tempo padrão (TP), descrito pela Equação (3).

$$TP = TN \times \frac{100}{100 - T} \quad (3)$$

Onde:

TP: Tempo Padrão [s]

TN: Tempo Normal [s]

T Fator de Tolerância

Segundo Slack (2009), o tempo padrão refere-se ao tempo permitido para a realização do trabalho sob circunstâncias específicas, incluindo as tolerâncias para pausa e descanso, que devem ser permitidos devido às condições sob as quais o trabalho é realizado. As tolerâncias para essas interrupções podem ser classificadas em tolerância pessoal, tolerância para fadiga, ou tolerância para espera.

A tolerância pessoal leva em consideração as necessidades pessoais do operador, e devido a isso devem ser consideradas primeiramente. Embora ocorra uma variação na necessidade de tempo pessoal de indivíduo para indivíduo, é fato que os empregados que exerçam um trabalho mais pesado e em situações desfavoráveis precisem de maior tolerância pessoal.

Na tolerância para alívio da fadiga são levados em consideração o ambiente de trabalho e a natureza do trabalho a que é submetido o operador. Apesar das empresas atuais já tomarem medidas para a eliminação das fadigas, ainda existem casos em que o trabalhador executa um esforço físico pesado em condições adversas, sendo necessária a mensuração das tolerâncias.

Já na tolerância para espera, são levados em consideração aspectos como quebra de máquinas, interrupções pelos supervisores, tempo de espera para uma manutenção corretiva, paradas devido à falta de matérias-primas, portanto o operador é independente dessa tolerância. Quando há ocorrências devido a esse tipo de tolerância o tempo padrão deverá ser reavaliado para não comprometer a veracidade dos dados finais.

3.5 BALANCEAMENTO DE LINHA

Balancear uma linha significa configurar as estações de trabalho de modo que os tempos ociosos entre elas sejam mínimos, minimizando também os efeitos negativos de engargalamentos.

O balanceamento de linha é a análise de linhas de produção que divide igualmente o trabalho a ser feito entre as estações de trabalho, a fim de que o número de estações de trabalho necessário na linha de produção seja minimizado. A meta da análise de linhas de produção é determinar quantas estações de trabalho ter 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 (GAITHER; FRAZIER, 2002).

As razões essenciais para que se execute um balanceamento de linha são: a necessidade de que haja um equilíbrio entre as cargas horárias dos operadores que estão executando as tarefas, isto é, é necessário igualar as tarefas que cada um executa, minimizando o estoque de produto inacabado entre os postos, o tempo ocioso dos operadores e o tempo de ciclo da tarefa. Uma linha não balanceada ocasiona o desequilíbrio dessas cargas horárias, fazendo com que haja um aumento no tempo de processamento, sobrecarga de trabalhadores e aumento dos estoques entre postos de trabalho.

3.6 REGRA HEURÍSTICA DA TAREFA DE MAIS LONGA DURAÇÃO (LTT)

A Regra Heurística da Tarefa de Mais Longa Duração (LTT), as tarefas em estudo são acrescentadas, uma a uma, às estações de trabalho, respeitando a ordem de precedência. Caso haja a escolha entre duas ou mais tarefas, a tarefa que possuir duração mais longa será adicionada primeiramente. Isso se dá devido ao efeito de

designar o mais rápido possível as tarefas que são mais difíceis de encaixar numa estação de trabalho. Àquelas tarefas que possuem durações menores são reservadas para o aprimoramento da solução.

Segundo Gaither e Frazier (2002), os passos para utilização dessa regra são:

- 1) Admitir que $i=1$, onde i é o número da estação de trabalho que está sendo formada;
- 2) Fazer uma lista de tarefas qualificadas para serem executadas, seguindo os relacionamentos de precedência;
- 3) Se necessário, designar a tarefa da lista que tem a mais longa duração à estação de trabalho;
- 4) Encerrar a distribuição de tarefas à Estação de Trabalho i . Isso pode ocorrer de duas maneiras: se não houver qualquer tarefa na lista de candidatas para a estação de trabalho, mas ainda houver tarefas a serem designadas, defina $i=i+1$ e deverá retornar ao Passo 2; ou se não houver mais tarefas não designadas, o procedimento estará completo.

Para o uso da Regra Heurística da Tarefa de Mais Longa Duração, segundo Gaither e Frazier (2002), são necessárias duas condições:

- Só poderá ser usada quando cada uma e todas as durações de tarefa forem inferiores ou iguais à duração do ciclo;
- Não poderá haver estações de trabalho duplicadas.

3.7 SIMULAÇÃO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS

Segundo Schriber (1974), simulação implica na modelagem de um processo ou sistema, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo. Isto é, é o processo de projetar um modelo de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação.

Dentre os objetivos da simulação estão: prever o comportamento futuro dos sistemas, usando modelagens, isto é, antecipar os efeitos produzidos por alterações ou pelo emprego de outros métodos em suas operações; construir teorias e hipóteses considerando observações efetuadas através de modelos.

Certamente uma das mais comuns aplicações da simulação está relacionada à redução do tempo ocioso, isto é, redução do tempo que um elemento gasta no sistema sem que nenhum valor lhe seja agregado. A simulação lida bem com as inconsistências comuns da produção, modelando métodos de balanceamento e de redução do tempo de espera.

3.7.1 Promodel

O ProModel® é um simulador de eventos discretos de interface gráfica e orientada a objeto. Surgiu com a diminuição dos custos de equipamentos eletrônicos e pela demanda das empresas por ferramentas que auxiliassem na resolução de problemas, por exemplo, aumento da capacidade produtiva. Este software permite a reprodução da complexidade de processos reais, incorporando a variabilidade e

interdependências que possibilita realizar poderosas análises e mudanças e, assim, otimizar sistemas e melhorar indicadores.

4 RESULTADOS

4.1 INTRODUÇÃO

A empresa analisada para o proposto estudo de caso é uma empresa de aparelhos elétricos localizada no estado de Sergipe, cujo nome não será exposto devido às políticas da própria empresa. A empresa é dividida em dois polos: um localizado em São Paulo, responsável pela Engenharia, Vendas e Logística; o outro localizado em Sergipe, responsável pelo processo de produção, montagem dos produtos e assistência técnica. O processo de produção é caracterizado como produção em massa e sazonal, tendo como o superávit de produção uma estação do ano, o verão. A empresa conta com a ajuda de diversos funcionários, pois o nível de automação da empresa não é elevado.

O setor de produção é dividido em diversas linhas de produção, cada uma responsável pela montagem de um produto. O foco do estudo foi em apenas uma linha de produção que tem como demanda diária de 1100 a 1500 produtos, a depender, como dito anteriormente, da época do ano. A linha emprega cerca de 25 funcionários, a depender da demanda, que trabalham seis dias por semana, durante 08 horas e 20 minutos por dia, com uma hora de intervalo para descanso e almoço, resultando em um turno com início às 05h20min e término às 13h40min. Ocorre pausa de sete minutos, três vezes ao dia para a prática da ginástica laboral. Enquanto a pesquisa estava em andamento, a linha contava com 22 funcionários, um funcionário por posto de produção, com uma demanda de 1100 produtos por dia.

O estudo foi realizado num período de três meses, junto à linha de produção, no turno da manhã. As análises foram feitas em todos os operadores responsáveis por cada tarefa e o revezamento dos colaboradores entre as estações de trabalho foi de suma importância, pois foi possível coletar dados diversos.

A linha de produção possui um total de 29 tarefas sequenciais e interdependentes e seis tarefas independentes, divididas em "alimentadoras", célula e embalagem. Ela é regida por regulamentações oriundas da gerência e diretoria, e conta com o apoio de outros setores da fábrica. Ao total são 22 estações de trabalho com um funcionário alocado em cada uma delas.

A Tabela abaixo mostra os dados atuais da linha de produção em estudo, adquiridos pela gerência.

Tabela 1 – Dados Atuais

Linha de Produção	Total de Saídas	Tempo Médio em Operação (Min)	Tempo Médio em Operação (Seg)	Tempo de ciclo (Seg)	Nº mínimo de estações	Utilização	Eficiência
Ducha_x	1500	4,17	250,20	20,67	12,10	55%	55,02%

Fonte: A autora.

4.2 APLICAÇÃO DO ESTUDO DE TEMPOS

4.2.1 Cronoanálise

A primeira tarefa a ser seguida na realização do estudo de tempos é calcular o tamanho da amostra a ser analisada. Este cálculo visa obter um valor verdadeiro da média de tempos para cada operação. Como indicado na literatura de Barnes (1977), os tempos e as dispersões foram obtidos em uma cronometragem preliminar de dez medições para cada tarefa, devido às durações de cada tarefa serem inferiores a dois minutos.

Após a obtenção desses valores, o tamanho da amostra é determinado de modo que o valor médio do tempo obtido por meio do estudo tenha 5% de precisão do valor verdadeiro e 95% de confiança.

Para a determinação do tamanho da amostra, a Equação (1), proposta pela literatura de Corrêa e Corrêa (2010) foi utilizada. Como o nível de confiança é de 95%, temos que o valor de z pela Tabela 2 é 1,96, e o valor de α é 0,05 pois o nível de precisão é de 5%. Para cada tarefa foi calculado o tamanho da amostra (n).

4.2.2 Cálculo de Tempos

A etapa seguinte do estudo de tempos consiste em calcular o Tempo Normal e o Tempo Padrão, mostrados na Tabela a seguir.

Tabela 2 – Tempos Normal e Tempos Padrão das tarefas

Procedimentos		TN (s)	TP (s)
1	Colocar pistão, mola e gaiola no copo nível	8,33	10,00
2	Colocar mola, pino e alojador na tampa	10,22	12,26
3	Colocar plataforma no corpo	6,50	7,80
4	Prensar plataforma no corpo	4,08	4,90
5	Arrumação do diafragma	5,92	7,10
6	Passar fio terra pelo diafragma	6,38	7,65
7	Colocar mola na plataforma	2,83	3,40
8	Passar fio terra no corpo	8,29	9,95
9	Encaixar prensa no corpo	11,48	13,78
10	Colocar fio terra na entrada de água	5,08	6,10
11	Colocar resistência	3,06	3,67
12	Colocar copo nível e espalhador	4,55	5,45
13	Colocar gaxeta no espalhador	3,33	4,00
14	Colocar espalhador	2,50	3,00
15	Parafusar espalhador	12,11	14,53
16	Teste de vazamento	11,89	14,26

Procedimentos		TN (s)	TP (s)
17	Prensar espalhador	1,67	2,00
18	Colocar pinos acionador	5,02	6,03
19	Colocar cames	5,93	7,12
20	Colocar pinhão	3,16	3,79
21	Colocar engrenagem coroa	4,36	5,24
22	Colocar correia	3,33	4,00
23	Colocar trava	3,48	4,17
24	Colocar tampa	5,73	6,87
25	Colocar botão	3,29	3,95
26	Teste de sensibilidade	12,00	14,40
27	Limpeza	5,65	6,78
28	Preparar fio terra e redutor	7,05	8,46
29	Preparar mangueira/manual/Fio na Ducha	6,53	7,83
30	Embalar Ducha/desv./suporte	5,79	6,95
31	Selar embalagem	4,76	5,71
32	Grampear alça	6,06	7,27
33	Embalar caixa coletiva	6,31	8,84
34	Colocar parafuso e Suporte desv.	6,79	8,15
35	Dobrar manual	3,33	4,00
Soma dos tempos		206,82	249,45

Fonte: A autora.

4.3 APLICAÇÃO DO BALANCEAMENTO DE LINHA

Para o balanceamento de linha foi necessário recalculer o tempo de ciclo e número mínimo de estações, após ser feito o estudo de tempos.

Para o cálculo do tempo de ciclo são levados em consideração os tempos improdutivos da linha de produção. Durante a jornada de trabalho da linha em estudo existe a prática da ginástica laboral três vezes ao dia com duração de sete minutos cada, levando em conta o tempo gasto pelo operador para retornar ao posto de trabalho. Além disso, existem revezamentos entre os operários, de uma em uma hora, com duração de seis minutos, durante a jornada de trabalho (um total de seis revezamentos ao dia), para evitar fadigas devido ao movimento repetitivo e, o horário reservado para o almoço que é de uma hora.

Tem-se um tempo produtivo de 6 horas e 23 minutos, creditando os tempos improdutivos que somam $3 \cdot 7 + 6 \cdot 6 + 60 = 117$ minutos da jornada de trabalho de 08 horas e 20 min por dia. A perda em tempos improdutivos é de 23,40% da jornada de trabalho.

Para o cálculo do tempo de ciclo, os tempos serão utilizados em segundos. Dos 30.000 segundos de jornada de trabalho, 7.020 são considerados tempos improdu-

tivos. Sendo assim têm-se 22.980 segundos de tempo produtivo. A demanda diária foi considerada a de 1500 produtos para uma época sazonal de alta produção, sendo assim os resultados mostrados na Tabela abaixo:

Tabela 2 – Dados após Estudo de Tempos

Linha de Produção	Total de Saídas	Tempo de ciclo (Seg)	Nº mínimo de estações
Ducha_x	1500	15,31	16,45

Fonte: A autora.

Por fim, é necessário alocar as tarefas à estação de trabalho. O método utilizado é a Regra Heurística da Tarefa de Mais Longa Duração (LTT), devido ao fato de que todas as durações das tarefas foram inferiores ou iguais à do ciclo.

As tarefas são acrescentadas, uma a uma, às estações de trabalho, respeitando a ordem de precedência. A cada estação de trabalho montada, calcula-se a duração de tarefa não atribuída na estação de trabalho, que seria a duração do ciclo subtraída da soma das durações da tarefa, ou seja, o tempo ocioso da estação.

A tabela abaixo mostra os dados após a aplicação da Heurística:

Tabela 1 – Dados Após Utilização da Heurística

Linha de Produção	Total de Saídas	Tempo Médio em Operação (Min)	Tempo Médio em Operação (Seg)	Tempo de ciclo (Seg)	Nº mínimo de estações	Utilização	Eficiência
Ducha_x	1500	4,15	249,45	15,31	16,45	87%	85,75%

Fonte: A autora.

4.4 APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

O objetivo para a utilização da técnica de simulação para apoio à tomada de decisão sobre o balanceamento de linha de montagem é complementar ao estudo realizado a partir do método da Regra Heurística da Tarefa de mais Longa Duração, a partir da cronoanálise e do desenvolvimento das relações de precedência das operações.

O modelo terá como propósito a determinação ideal do tempo de ciclo, com redução de leadtime e correta alocação de recursos aos operadores.

Após realizada a simulação foram obtidos os seguintes dados:

Tabela 1 - Dados obtidos com a simulação.

Linha de Produção	Total de Saídas	Tempo Médio em Operação (Min)	Tempo Médio em Operação (Seg)	Tempo de ciclo (Seg)	Nº mínimo de estações	Utilização	Eficiência
Ducha_x	1424	4,12	249,60	15,31	16,45	87%	86,65%

Fonte: A autora.

Nota-se que o total de produtos processados na simulação é de 1424 produtos, um pouco abaixo da produção pela heurística, pelo fato do tempo de simulação não ter sido as 06 horas e 23 minutos de tempo produtivo que a linha possui.

4.5 COMPARAÇÃO SITUAÇÃO ATUAL X BALANCEAMENTO DE LINHA

A comparação entre a eficiência, a utilização, o tempo de ciclo, o número mínimo de estações de trabalho e o tempo de processamento de um produto, antes e depois do balanceamento de linha executado tanto pela heurística como pela simulação foi realizada, com o objetivo de mostrar que o balanceamento de linha foi bem sucedido. A Tabela 4 explicita de forma mais clara essa comparação.

Tabela 4 – Comparação entre situação atual da empresa e o balanceamento de linha efetuado

Dados	Situação Atual	Heurística	Simulação
Tempo de processamento de um produto	250,20 s	249,45 s	249,6 s
Produção	1100 produtos	1500 produtos	1424 produtos
Tempo de ciclo	20,67 s	15,31 s	15,16 s
Número mínimo de estações	12,24 estações	16,45 estações	16,45 estações
Utilização	55,63%	87%	87%
Eficiência	55,02%	85,75%	86,65%

Fonte: A autora.

É notável que além do aumento da produtividade, o objetivo do balanceamento foi alcançado visto que ocorreu uma diminuição do tempo de ciclo e do número de estações, e conseqüentemente um aumento da utilização e da eficiência da linha de produção. Além disso, o tempo ocioso entre as estações foram minimizados, diminuindo também os estoques em processo.

5 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que após as aplicações dos métodos em questão, foram-se coletados resultados que mostraram uma diminuição dos postos de trabalho de 22 para 19 postos, além do aumento da eficiência de 55,63% para 87% e um aumento da utilização de 55,02% para 86% da capacidade da linha. Além de que a demanda também teve um aumento significativo de 1100 produtos para 1500 produtos.

A aplicação do balanceamento de linha foi realizada com sucesso, pois além dos resultados mostrados acarretou em uma melhor distribuição do tempo total entre os trabalhadores, evitando que uns trabalhem mais do que outros, como também a possibilidade de remanejamento de alguns colaboradores para outros setores evitando o tempo ocioso. O balanceamento foi implantado, posteriormente, não apenas na linha de produção em estudo, mas em todas as linhas da empresa citada.

Além do balanceamento, foi sugerido também que houvesse um melhor treinamento dos funcionários e confeccionadas Instruções de Trabalho como auxílio a esse treinamento, para que o tempo de ciclo do processo pudesse diminuir em uma proporção maior.

Apesar de haver resultados positivos no estudo de caso para o processo de melhoria da linha de produção, também foi constatado dificuldades que, não sendo resolvidas, podem gerar obstáculos em futuros processos de melhoria. Algumas foram:

a) Certa resistência por parte dos supervisores das linhas em fazer o estudo, alegando que este atrapalharia o andamento das atividades na linha e, conseqüentemente, sua produção diária;

b) Como a empresa não tem a cultura de registrar em documentos as ações tomadas frente aos problemas, caso esses problemas venham a ocorrer de novo, todo o procedimento vai ser realizado novamente.

Contudo, o estudo presente teve um resultado positivo e agregou tanto conhecimento como melhorias para a empresa em estudo. No entanto, é de suma importância a necessidade da continuidade do trabalho que foi começado, pensando sempre na melhoria contínua para concorrer frente a um mercado cada vez maior e mais exigente.

REFERÊNCIAS

BARNES, R.M. **Estudo de movimentos e de tempos**: projeto e medida do trabalho. São Paulo: Blucher, 1977. 635p.

BECKER, C.; SCHOLL, A. A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. **European Journal of Operational Research**, Alemanha, v.168, n.3, p.694-715, fev. 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2004.07.023>>. Acesso em: 2 jan. 2014.

BENZER, R.; AGPAK, K.; GOKÇEN, H. Balancing of parallel assembly lines. **International Journal of Production Economics**, Turquia, v.103, n 2, p.600-609, out. 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.12.001>>. Acesso em: 2 jan. 2014

CORRÊA, H.L.; CORRÊA, C.A. **Administração de produção e operações**: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2.ed. 5. reimpr. São Paulo: Atlas, 2010. 690p.

DIAS, G.P.; CORRÊA, H.L.: Uso de simulação para dimensionamento e gestão de estoque de peças sobressalentes. SIMPOI. **Anais...**, FGVP, 1998.

FARNES, V.C.F.; PEREIRA, N.A. Balanceamento de linha de montagem com o uso de heurística e simulação: estudo de caso na linha branca. In: XIII SIMPEP, 2006, Bauru: SP. **Anais eletrônicos...** São Paulo: UNESP. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/1000.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2014

GAITHER, N.; FRAZIER, G.; SANTOS, J.C (Trad.). Administração da produção e operações. 8.ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002. 598p.

HARRELL, C.R.; GHOSH, B.K.; BOWDEN, R. **Simulation Using ProModel®**. McGraw-Hill, 2.ed. 2002.

KURATOMI, S. **Cronoanálise base da racionalização da produtividade da redução de custos**. Mogi das Cruzes: O&M, 1987.

MEZZENA, M.: Comparação entre dois algoritmos para balanceamento de linhas de montagem utilizando o software de desenvolvimento Delphi, 2000.

MONDEN, Y. Sistema Toyota de Produção. São Paulo-SP: IMAM 1984.

MOREIRA, D. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 624p.

OLIVEIRA, C. **Análise e controle da produção em empresa têxtil, através da cronoanálise**. 2009. 45f. Trabalho (Conclusão de Curso Em Engenharia de Produção) – UNIFOR-MG, Brasil, 2009.

PEINADO, J.; GRAEML, A.R.: **Administração da produção** (Operações Industriais e de Serviços). Curitiba: [s.n.], 2004.

PERBONI, F. **Análise do controle de produção através da cronoanálise, visando melhorias produtivas em uma empresa de esquadrias de madeira**. 2007. 54f. Trabalho (Conclusão de Graduação em Administração) – Universidade do Contestado (UNC), Caçador, 2007.

PROMODEL USER´S GUIDE, Promodel Corporation, 1997.

REID, R.D.; SANDERS, N.R; ALENCAR, D C (Trad.). **Gestão de operações**. Rio de Janeiro: LTC, 2005. 423p.

- RIVERO, L.E.; PIEDRAHÍTA, I.D. **Simulación con Promodel**. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2003. 256p.
- ROCHA, D.R. **Balanceamento de linha** – Um enfoque simplificado: material preparado por Duílio Reis da Rocha em 14/04/05. Disponível em: <<http://www.fa7.edu.br/rea7/artigos/volume2/artigos/read3.doc>>. Acesso em: 21 jan 2015.
- SCHRIBER, T.J. **Simulation using GPSS**. NY: Wiley, 1974.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.: **Administração da produção**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2009. 703p.
- TAYLOR, F.W. **Princípios de administração científica**. 7.ed. São Paulo: Atlas, 1989.
- TOLEDO J.; KURATOMI, S. **Cronoanálise base da racionalização, da produtividade da redução de custos**. 3.ed. São Paulo: Itysho, 1977.
- TOLEDO, J. **Produção, produtividade e eficiência**. 8.ed. São Paulo: Raphael A. Godoy, 2004.
- TOLEDO, J. **Balanceamento de linhas**. 7.ed. Rio de Janeiro: Raphael A. Godoy, 2004.
- TUMAY, K.; HARRINGTON, H. *Simulation modeling methods*. New York: McGraw-Hill, 2000.
- VIEIRA, L.H.S. **Balanceamento de uma linha de montagem na Adira S.A.** 2009. 63f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP, Portugal, 2009.

Data do recebimento: 1 de Dezembro de 2017

Data da avaliação: 12 de Dezembro de 2017

Data de aceite: 14 de Dezembro de 2017

1 Graduanda em Engenharia de Produção da Universidade Tiradentes – UNIT. E-mail: angelina.alves@hotmail.com

2 Graduanda em Engenharia de Produção da Universidade Tiradentes – UNIT. E-mail: nadyja.017@hotmail.com

3 Professor do curso de Engenharia da Universidade Tiradentes – UNIT. E-mail: aislanprimo14@gmail.com