uem-logo.png

Gabriel

Engenharia do Trabalho
Estudo de tempos e métodos em diferentes linhas de montagem

Maringá, Paraná

Novembro de 2020

Gabriel

Engenharia do Trabalho Estudo de tempos e métodos em diferentes linhas de montagem

LogoUEM. jpg
"Engenharia: onde os nobres semi-hábeis trabalhadores executam a visão daqueles que imaginam e sonham"

Universidade Estadual de Maringá - UEM

Maringá, Paraná Novembro de 2020

Sumário

LogoUEM.jpg

0.1 Introdução

O trabalho consiste em uma cronoanálise da confecção de um barco de papel comparando 3 tipos diferentes de linha de montagem. A primeira sendo operários separados, a segunda em linha de acordo com a melhor eficiencia e a terceira com uma linha desbalanceada já definida, todas com 3 funcionários. Os passos para montagem do barco se encontram na Figura ??.



Figura 1 – Montagem do barco de papel

Foram definidos os tempos padrões para as diversas linhas de montagem e calculados os lead times e takt times de acordo com certa demanda e por fim são comparadas as linhas de montagem. Assim, pode-se obter o resultado da melhor linha de produção e calcular a produtividade de tal de acordo com uma dada jornada de trabalho. Além disso, ainda foram estudadas as curvas de aprendizagem dos operários e discutidos os problemas das linhas.

0.2 Revisão de Literatura

Os operários foram separados de acordo com as etapas do processo, sendo que três tipos de processos foram testados e analisados para se calcular o mais eficiente, sendo esses tipos:

- **1.** Operários realizando a montagem de todas as etapas do produto individualmente em seu próprio ritmo;
- **2.** Montagem em linha buscando o máximo de eficiência de acordo com as habilidades de cada operário (balanceada);
 - 3. Montagem em linha com as etapas pré-determinadas (desbalanceada).

A metodologia de produção em linha dividiu o trabalho para os 3 trabalhadores de forma que o primeiro colaborador exercesse as etapas 1, 2 e 3; o segundo as etapas 4 e 5; e o terceiro operador o restante. Já na produção em linha pré-determinada os empregados deveriam realizar as seguintes etapas: 1 e 2 o primeiro operador; 3, 4, 5 e 6 o segundo; 7, 8 e 9 o terceiro.

Durante a avaliação dos processos e analise dos tempos de produção percebeu-se que a produção individual era a menos eficiente, e em linha desbalanceada ficava um pouco mais lenta que em linha balanceada, isso se justifica pelo melhor gestão dos funcionários em relação à suas habilidades nas diferentes etapas do processo, por exemplo a habilidade superior do operário 1 mostrou maior efetividade para realizate de para mais complexas em quanto o esforço do operário 2 se comportou melhor em etapas mais simples, enquanto o operário 3 funcionava em qualquer função de forma similar então foi preferido dar deixar a prioridade de escolha das etapas aos outros, utilizando o terceiro para as etapas restantes.

0.3 Metodologia

LogoUEM.jpg

0.4 Desenvolvimento

Os operadores repetiram a montagem do produto 10 vezes e geraram os tempos contidos na Tabela ??

| | Tempos do 1º operário | Tempos do 2º operário | Tempos do 3º operário |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 67,1 | 91,3 | 140,3 |
| 2 | 67,5 | 117,7 | 127,3 |
| 3 | 65,4 | 108,7 | 137,1 |
| 4 | 58,3 | 108,9 | 138,8 |
| 5 | 67,2 | 122,1 | 95 |
| 6 | 59,2 | 117,4 | 132,5 |
| 7 | 62,8 | 140,2 | 123,2 |
| 8 | 57,3 | 99,9 | 141,3 |
| 9 | 67,3 | 109,3 | 108,9 |
| 10 | 67,7 | 110,9 | 111,1 |
| Tempo Médio | 63,98 | 112,64 | 125,55 |

Tabela 1 – Tempos durante treinamento dos colaboradores (seg)

O tempo médio de cada operador é dado como o ritmo de cada um. Sendo assim, podese notar uma diferença entre os 3 colaboradores, destacando-se o primeiro que detém uma habilidade maior e com isso manteve um ritmo mais constante e mais rápido. Enquanto os dois trabalhadores seguintes mesmo mantendo um ritmo consistente não possuem a técnica certa ou não passaram por treinamento e com isso, geraram um maior tempo médio.

Após a demarcação de todos os tempos com os trabalhadores em linha balanceada e desbalanceada foi possível calcular os tempos médios de cada modelo de produção. Além disso, obteve-se o tempo normal, padrão, lead time, tempo de ciclo, capacidade do processo e takt time segundo certa demanda.

Os tempos obtidos com os colaboradores em linha estão nas tabelas ?? e ??.

| | Tempos do 1º operário | Tempos do 2º operário | Tempos do 3º operário |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 18,7 | 20,3 | 10,7 |
| 2 | 17,9 | 22,8 | 12,1 |
| 3 | 18,3 | 22,7 | 13,6 |
| 4 | 19,1 | 21,2 | 14,1 |
| 5 | 17 | 20,6 | 14 |
| 6 | 19,6 | 19,8 | 15 |
| 7 | 15 | 19,2 | 14,1 |
| 8 | 17,3 | 19,8 | 13,2 |
| 9 | 16,5 | 21,6 | 13,3 |
| 10 | 17,5 | 21,9 | 12,1 |
| Tempo Médio | 17,69 | 20,99 | 13,22 |

Tabela 2 – Tempos com colaboradores em linha balanceada (seg)

| | Tempos do 1º operário | Tempos do 2º operário | Tempos do 3º operário |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 13,38 | 38,6 | 6,06 |
| 2 | 14,53 | 36,93 | 8,2 |
| 3 | 12,80 | 35,71 | 6,72 |
| 4 | 12,39 | 37,58 | 7,97 |
| 5 | 15,41 | 35,26 | 5,74 |
| 6 | 15,05 | 38,94 | 5,28 |
| 7 | 15,05 | 35,49 | 6,52 |
| 8 | 15,04 | 36 | 7,69 |
| 9 | 14,02 | 36,14 | 6,23 |
| 10 | 14,86 | 37,74 | 5,99 |
| Tempo Médio | 14,25 | 36,84 | 6,64 |

Tabela 3 – Tempos com colaboradores em linha desbalanceada (seg)

0.4.1 Tempo médio e confiabilidade

O tempo médio foi encontrado com a média aritmética dos tempos apresentados anteriormente e os resultados foram de:

 $n = \left(\frac{Z.R}{E.d.x}\right)^2$

(1)

n= número de vezes que deveria ser repetida a operação para se ter confiabilidade; Z= coeficiente de acordo com número de repetições; R= amplitude do sistema; E= erro agregado; d= coeficiente de acordo com número de repetições; x= valor médio das variáveis.

Com isso, obteve-se os seguintes resultados para n:

A confiabilidade, no entanto, advém da fórmula:

Tabela 5 – Números de repetições que deveriam ser realizadas

| | Operador 1 | Operador 2 | Operador 3 |
|------------------------|------------|------------|------------|
| Separados | 6,58 | 29,04 | 30,61 |
| Em linha balanceada | 9,57 | 8,20 | 17,24 |
| Em linha desbalanceada | 5,84 | 1,25 | 18,66 |

Nota-se que boa parte dos resultados não são confiáveis pois necessitam de mais de 10 repetições, nesse caso seria necessário realizar novas demarcações de tempo para que o resultado seja considerado confiável. É importante salientar que quanto maior a amplitude dos dados mais repetições terão que ser realizadas, pois o grau de eficiencia é baixo.

0.4.2 Tempo normal e padrão

O tempo normal, basicamente, é a relação entre o tempo médio que cada operário realiza a atividade com o ritmo com que esse operário trabalha. Sendo aplicado pela seguinte forma:

$$Tn = Tm.k \tag{2}$$

Tn= tempo normal; Tm= tempo médio; k= coeficiente gerado do Westinghouse;

Na aplicação do tempo normal existem diversos fatores de avaliação, como por exemplo: desempenho do ritmo e avaliação objetiva por elementos. Existem também alguns sistemas de avaliação. Um dos sistemas mais utilizados é o Sistema de Westinghouse, que se baseia a partir de 4 fatores: habilidade, esforço, condições e consistência.

Então, o método de Westinghouse foi utilizado para descrever cada operador, mediante a sua habilidade e força, com isso, foi geradom propeficiente para cada operário de acordo com a Tabela ??.

Tabela 6 – Coeficientes de Westinghouse

| | 1º operário | 2º operário | 3º operário |
|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Habilidade | 0,11 | -0,05 | -0,05 |
| Condições | -0,03 | -0,03 | -0,03 |
| Esforço | 0 | 0,08 | 0,05 |
| Consistência | 0,03 | -0,02 | -0,02 |
| Soma | 0,11 | -0,02 | -0,05 |

Os tempos normais calculados se encontram na Tabela ??.

Tabela 7 – Tempos normais (seg)

| | 1º operário | 2º operário | 3º operário |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Separado | 67,78 | 116,73 | 116,57 |
| Em linha balanceada | 19,65 | 20,48 | 11,66 |
| Em linha desbalanceada | 15,67 | 36,57 | 6,67 |
| Tempo normal total | 301,07 | 51,79 | 58,91 |

O tempo padrão nada mais é do que o tempo necessário para se realizar uma operação de acordo com método estabelecido, o operador deve estar apto e treinado, trabalhando todas as horas da jornada de trabalho em ritmo normal.

Para a descoberta do tempo padrão, existem também algumas variáveis que influenciam ele, como por exemplo, quando se tem um operário que não tem tanta habilidade, o tempo padrão sobe, pois acaba tendo uma margem de erro maior, agora ao contrario se o operário for preciso, o tempo padrão automaticamente diminui, pois neste caso quase não vai ter margem de erro. Outra variável que pode ser citada é o clima no ambiente de trabalho, se o clima for agradável, o tempo padrão também abaixa, ao contrario disso se o clima for desagradável, o operário estará mais propicio a erros e consequentemente o tempo padrão aumentará. A formula para aplicação do tempo padrão é dada por:

$$Tp = k.Tn (3)$$

Tp= tempo padrão; K= fator de tolerância; Tn= tempo normal;

Na confecção dos barquinhos, foi utilizado um fator de tolerância de apenas 6%, pois a atividade é uma atividade monótona e com muitos movimentos repetitivos, porém não exige um grande esforço físico e o ambiente em si estava agradável. Assim, os tempos padrões resultantes foram organizados na Tabela ??.

| Tabela 8 | Tabela 8 – Tempos padro | | |
|------------------------|-------------------------|-------------|-------------|
| Samuel Log | 1º operário | 2º operário | 3º operário |
| Separado | 71,84 | 123,73 | 123,56 |
| Em linha balanceada | 20,83 | 21,71 | 12,36 |
| Em linha desbalanceada | 16,61 | 38,77 | 7,07 |
| Tempo padrão total | 319,13 | 54,89 | 62,45 |

0.4.3 Lead time, tempo de ciclo e takt time

O lead time de uma operação consiste no tempo total desde o início até a finalização. Com isso, pode-se perceber que é o tempo mais completo, pois engloba tanto o tempo da fabricação como também o tempo das movimentações e finalizações.

SeparadosEm linha balanceadaEm linha desbalanceada1 Produto72,4755,1362,47Lote de 10 produtos724,67247,07413,62

Tabela 9 – Lead times (seg)

Comparando o lead time de 3 operários em relação a apenas um em treinamento é possível notar que há uma discrepância em torno de 20seg. A partir desse fato é notório que o plano de produção siga a metodologia de produção em linha, pois gera uma produtividade maior.

O tempo de ciclo, no entanto, é o tempo de "cuspida", ou seja, após a máquina ou os operadores pegarem ritmo é o tempo que conseguem produzir um novo barco. Tal intervalo de tempo é igual ao gargalo do processo já que é o maior período de tempo durante a fabricação.

Tabela 10 – Tempo de ciclo (seg)

| | Separados | Em linha balanceada | Em linha desbalanceada |
|-----------|-----------|---------------------|------------------------|
| 1 Produto | 123,73 | 21,71 | 38,77 |

O takt time, no entanto, é referente ao tanto de tempo que a empresa possui para gerar um produto para que consiga atender toda sua demanda mensal ou semanal. Assim, para uma demanda de 2500 barcos e com uma jornada de trabalho de 48,75 min/h em 8h diárias, temos que:

Takt time =
$$\frac{390x60}{2500}$$

O takt time para tal demanda foi de 9,36seg.

0.4.4 Capacidade

A capacidade de uma empresa é o tanto que ela consegue produzir em um dado intervalo de tempo. Para calcular a capacidade é necessário saber o tempo de ciclo e o tempo de trabalho sem intervalos. Assim, é possível dividir os dois e quantificar o tamanho da produção que pode ser confeccionada em um dia.

$$Cap_1 = \frac{6.5 \times 60 \times 60}{21.71} = 1077.8 \text{ barcos} Cap_2 = \frac{6.5 \times 60 \times 60}{38.77} = 603.5 \text{ barcos}$$

A primeira capacidade é em relação à linha de produção balanceada e a segunda em relação à desbalanceada. Pode-se notar que a capacidade da empresa muda completamente por causa de uma separação errônea de atividades para cada operário em linha.

0.5 Conclusão

Os resultados são bem expressivos e nos mostram que uma produção por linha é mais eficiente que trabalhadores separados e que uma linha desbalanceada cria um gargalo que prejudica muito na produção, pois mesmo que o tempo padrão total seja similar ao de uma linha balanceada a capacidade da empresa é feita com base no tempo de ciclo e isso faz com que haja uma grande diferença entre a linha balanceada e a desbalanceada.

Além disso, foi possível notar que o processo de gestão vai além de cálculos frios e apenas números, já que durante a organização da linha de montagem balanceada foi necessário denotar as etapas condizente com as habilidades de cada operador, para que assim o gargalo da operação ficasse menor.

Em relação aos cálculos nota-se que os tempos padrões tendem a aumentar sempre que os operadores estão inseridos em atividades monótonas, que precisam de certa habilidade, em locais não tão propícios e entre outros fatores. Tudo pode alterar a produtividade de uma indústria, cabe ao engenheiro responsável ponderar quais são os fatores que mais influenciam e diminuir sua influência na linha de produção.

LogoUEM.jpg