

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE LEAN MANUFACTURING, POKA-YOKE, COMO MELHORIA NA PRODUÇÃO DE CESTAS DECORATIVAS

Bruno Clímaco Santiago (UFPE) brunosantiago100@gmail.com

Maria Tereza Nunes Lira (UFPE) mterezanlira@gmail.com

Osmar Veras de Araújo (UFPE) osmarveras@yahoo.com.br

Resumo

Com o avanço da tecnologia e o surgimento da indústria 4.0, onde o fordismo não é mais suficiente para demanda de produção, que passou de uma produção em massa dando lugar a personalização e variação de produtos, o Toyotismo começa a ser mais efetivo e em especial o foco na redução e eliminação de desperdícios. A partir dessa filosofia desenvolveu-se o Lean Manufacturing, que tem como referência o Sistema Toyota de Produção para a produção enxuta. Com a medição e análise dos dados de produção das cestas decorativas feitas de paletas de picolé, através do estudo da produção enxuta uma proposta de melhoria contínua é implementada, através do método Poka-Yoke, onde criou-se um mecanismo a prova de falha, método preventivo, para montagem das peças que formam o produto final por um molde. Com isso o estudo dos tempos foi feito novamente a fim de comparar os procedimentos e comprovar a eficácia do método para padronizar, eliminar os erros e diminuir o tempo gasto em processos que não agregam valor ao produto.

Palavras-Chaves: Toyotismo; Lean; Métodos; Padronização

1. Introdução

Desde o final do século XVII e início do século XVIII, fase da revolução industrial, o processo produtivo vem passando por mudanças e avanços ao decorrer dos anos. Produtos que eram produzidos manualmente e artesanalmente, agora dão espaço a máquinas, aglomerado de pessoas, e uma necessidade de produção em grandes escalas, com tempos reduzidos.

Ao final do século XVIII e início do século XIX, surge Frederick Taylor, engenheiro norte americano, considerado o pai da administração científica pois foi um dos primeiros a sistematizar o processo de produção. Taylor visualizava que a partir do momento que otimizasse os movimentos, aliado com a prática de se repetir determinada atividade, conseguiria a diminuição considerável do tempo de execução dessa atividade.

Taylor buscava, com isso, uma forma de gestão que fizesse com que o trabalhador produzisse mais em menos tempo, sem elevar os custos de produção da empresa. Ele observou que o sistema de gestão da época continha muitas falhas, entre elas: a falta de padronização dos métodos de trabalho, o desconhecimento por parte dos administradores do trabalho dos operários e a forma de remuneração utilizada nas empresas. (PERIARD, 2012).

Em 1903, em seu livro “Administração de Oficinas” Taylor propõe que o estudo deva-se ser racionalizado, por meio do estudo os tempos e dos movimentos. Este estudo, visava a criação e aplicação de uma metodologia que deveria ser utilizada por todos os colaboradores em decorrência da padronização dos métodos, movimentos e ferramentas. Tudo isso com a intenção de eliminar o desperdício dos esforços com movimentos inúteis e melhorar a eficiência e o rendimento.

Através do estudo de tempos e movimentos, é possível criar uma metodologia de produção que integre todas as partes do processo produtivo, inclusive a relação homem-máquina. Segundo Barnes (1977), o presente modelo beneficia o sistema produtivo padronizando-o, adequando o tempo ideal e aperfeiçoando o colaborador com o novo método, alavancando a satisfação de todos envolvidos nas etapas produtivas.

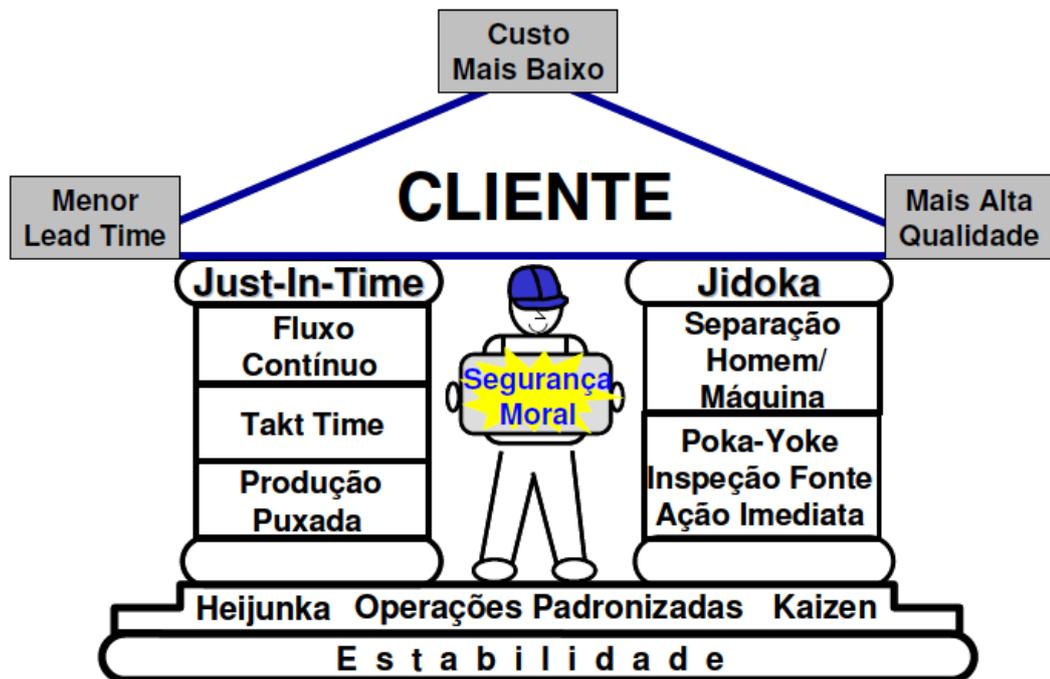
Partindo do princípio da padronização e aperfeiçoamento dos métodos, nasce então o termo *lean*, traduzido para enxuto. Essa filosofia estrutura e direciona toda execução do processo de forma enxuta, utilizando apenas recursos necessários. Para diminuir o erro operacional e para implantar o sistema *lean* os processos precisam serem autônomos, com pouca intervenção humana. Partindo deste princípio chega-se ao Poka-Yoke, ferramenta desenvolvida pelo engenheiro da Toyota nos anos 60, Shigeo Shingo. Uma ferramenta de produção enxuta em que se baseia o estudo deste trabalho, a respeito da análise dos tempos e movimentos na produção de cestas decorativas, cujo a matéria prima são paletas de picolé é proposto um método de melhoria.

2. Referencial teórico

O Sistema Toyota de Produção (STP) é um sistema de gerenciamento da produção que tem como seu principal objetivo o aumento do lucro através da redução dos custos. Para que a maximização dos lucros seja concretizada, é preciso identificar, mensurar e extinguir as atividades que não agregam valor ao produto. (GHINATO, 1996).

Ohno (1977) afirma que para que o STP esteja funcionando perfeitamente, o mesmo precisa estar alicerçado por bases sólidas. Essas bases são relacionadas a colinas, ou pilares, sendo eles o Just In Time (JIT - “no momento exato”) e o Jidoka.

Figura 1: Pilares do sistema Toyota de produção



Fonte: Chinato, 1996

Para o STP, a capacidade produtiva de um sistema é medida através da soma do trabalho com as perdas, sendo o trabalho dividido em dois grupos: trabalho efetivo, que agrega valor ao produto, e trabalho adicional que não agrega valor ao produto. Logo o STP tem como visão aumentar a taxa de trabalho efetivo, implicando diretamente na diminuição do trabalho adicional. (OHNO,1997).

Martins (2009) afirma que o Jidoka tem como principal objetivo reduzir ou eliminar a influência humana na realização das atividades, onde busca-se a mecanização para que as operações sejam realizadas sem a necessidade de intervenção humana, oriundo de detecção autônoma com dispositivos de segurança adequados à proteção do operador. Por este motivo, o Poka-Yoke está inserido no Jidoka.

Segundo Shimbun (1988), o Poka-Yoke tem sua origem na Toyota Motors Company, tendo como principal objetivo a eliminação total dos defeitos “zero defeito”. No início, foi chamado

de a “prova de bobos”, porém, o termo era ofensivo para com os trabalhadores, por este motivo passou-se a ser chamado de “a prova de falhas”. Tinha como principal objetivo a extinção do erro humano, visto como o maior causador de defeitos.

Para Nogueira (2010) existem três tipos de classificação para o Poka-Yoke: métodos de contato; métodos “fixed-value” e métodos “motion-step”. Sendo os mecanismos mais utilizados: interruptores, sensores, termômetros, medidores de pressão e temporizadores. Podendo, cada um dos mecanismos citados acima, serem utilizados das mais variadas formas, respeitando a originalidade do processo produtivo.

Segundo Shingo (1996), a aplicação do Poka-Yoke é facilitada quando são respeitadas seis regras básicas, tais como: escolher um processo piloto e fazer uma lista dos erros mais comuns dos operadores; priorizar os erros por ordem de frequência; priorizar os erros por ordem de importância; projetar sistemas Poka-Yoke para impedir os principais erros das duas listas; utilizar Poka-Yoke de controle quando é impossível corrigir o defeito; fazer uma análise de custo-benefício antes de implementar o sistema Poka-Yoke.

Shingo ainda salienta que algumas empresas estão perdendo o foco que o conceito de Poka-Yoke apresenta. Busca-se a solução dos problemas na construção de ferramentas e métodos altamente complexos, o que gera novas etapas no processo, muitas vezes fugitivas da realidade da organização. Deve-se priorizar o simples, óbvio e prático que agregam nas operações já existentes.

Em uma análise do sistema, Pojasek (1999) conclui que existem sete pontos em que o sistema a prova de falhas é eficiente nas seguintes situações: rotina de uma sequência fixa de operações; fabrico de várias referências; operações de fabrico com especificações claramente definidas; número de parâmetros do processo a controlar reduzido; controle estatístico do processo difícil de implementar ou ineficaz; controle de atributos qualitativos e não quantitativos; rotatividade de pessoal alta e custos de formação elevados.

Pojasek também menciona que o sistema não funciona bem em três situações: processos com cadência de produção muito elevada; processos com autocontrole e cartas de controle aplicadas eficazmente; processos com mudanças mais rápidas do que os dispositivos Poka-Yoke.

Na atualidade um dos recursos mais importantes e mais escassos das organizações é o tempo. Para melhorar a aplicação deste recurso a cronoanálise é uma das melhores ferramentas disponíveis para isto. Porém somente entender os tempos não é suficiente para melhorar o desempenho do processo, é muito importante que sejam estudados os tempos e métodos, bem como os movimentos necessários para a realização do produto ou serviço de uma organização.

O estudo de tempos segundo Peinado e Graeml (2007), aborda técnicas que submetem a uma detalhada análise cada operação de uma dada tarefa, com o objetivo de eliminar qualquer elemento desnecessário à operação e determinar o melhor e mais eficiente método para executá-la.

3. Metodologia

Realizou-se um estudo prático da confecção de cestas decorativas com paletas de picolé. Para a produção das cestas foram necessários paletas de picolé e cola instantânea.

A cesta é formada por 19 paletas, sendo distribuídas em 6 paletas para a parte traseira, 6 paletas para a lateral direita, 6 paletas para a lateral esquerda e uma paleta para frontal, sendo recordada em partes: a menor parte tem 2,5 cm na horizontal superior e 1,5 cm na horizontal inferior, a paleta intermediária são 6 cm na horizontal superior e 5 cm na horizontal inferior, e para a maior paleta são 9 cm na horizontal superior e 7,7 cm na horizontal inferior.

Para a formação da parte traseira foram utilizadas duas paletas na vertical sendo ligadas por 4 paletas sendo coladas nas seguintes dimensões: 0cm, 3,8cm, 7,6 cm e 11,5cm sendo necessário a formação de uma angulação entre as paletas horizontais, para a formação de um losango.

Para a formação das laterais utilizam-se duas paletas na vertical sendo coladas por 4 paletas de 8 cm cada, sendo coladas nas seguintes dimensões: 0cm, 3,8cm, 7,6 cm e 11,5cm.

Para a confecção das peças foi necessário juntar a parte traseira com as laterais colando nas mesmas dimensões anteriormente citadas, como pode ser visto no apêndice I.

Inicialmente a atividade foi dividida por etapas, sendo dividida em 4 etapas, montagem da parte traseira, montagem da lateral direita, montagem da lateral esquerda e montagem da peça por completo.

Para a obtenção das melhorias, inicialmente foi preciso realizar a atividade sem nenhuma metodologia utilizada, então cada operador marcava as medidas no palito e seguia para montagem.

3.1. Planejamento do processo de padronização

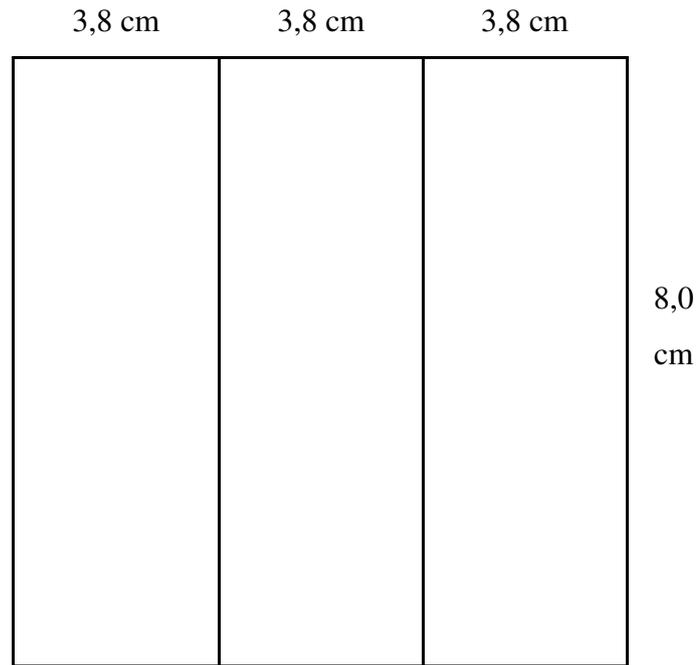
O método de Poka-Yoke é dividido em 4 modalidades, para evitar erros de prevenção, detecção, valor fixo e etapas. O método utilizado foi o de prevenção, onde foi criado um dispositivo a prova de falha, no caso um molde para determinar o local exato onde o material deve ser colocado para montagem do produto.

Primeiro foram coletados dados da produção sem o molde, onde cada operador montava as peças de maneira que achasse melhor. Após essa etapa foram descritos os problemas, a partir deles iniciou-se o processo de padronização do processo, através de brainstorm com os operadores e o medidor dos tempos para chegar até o método do Poka-Yoke preventivo. Após a implementação da melhoria os tempos foram cronometrados novamente e feita uma análise comparativa com os tempos anteriores.

Para o processo de padronização, foram realizados os cálculos para a obtenção da angulação entre as paletas verticais da parte traseira. Também com a ajuda de um transferidor foi possível perceber que se formava um ângulo de 70° como na figura 2 – dimensões da base.

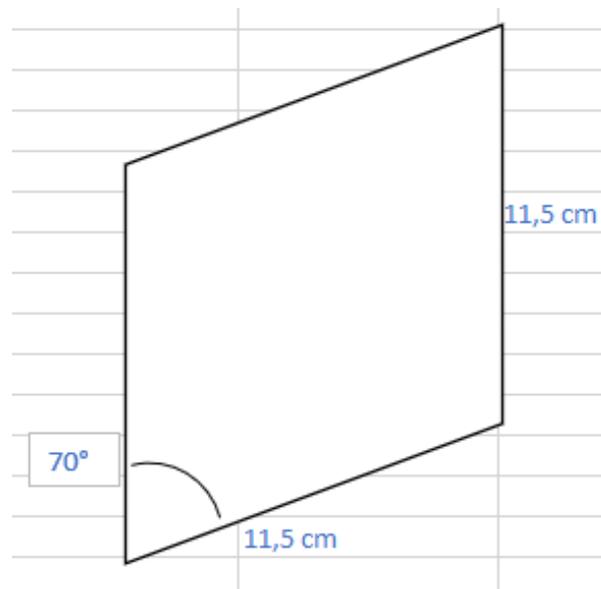
Com isso foi possível desenvolver um mecanismo a prova de falhas, que consiste na obtenção de moldes, com as especificações métricas do produto, que auxiliariam na hora do encaixe das paletas em seus devidos lugares, dispensando a perda de tempo na medição dos pontos e no ajustamento.

Figura 1 – Dimensões das laterais



Fonte: Os autores

Figura 2 – Dimensões da base



Fonte: Os autores

Os mecanismos foram feitos de isopor e pedaços de paletas de picolé que seriam descartados do corte, evitando que o material deslize ou fique mal colocado no processo de colagem.

4. Resultados e discussões

4.1. Medição De Tempos

Os tempos foram medidos de acordo com a realização da atividade por cada operador. Operador 1 e operador 2 fazem as laterais do produto, que são iguais; operador 3 faz a base; e, operador 4, junta a base das laterais e a frontal. Logo, as laterais e a base são feitas simultaneamente para o quarto operador juntá-las, finalizando o produto.

Tabela 1 - Tempos.

tempos	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4	média(t)
t1	00:01:57	00:02:21	00:02:02	00:02:55	00:02:19
t2	00:01:56	00:02:17	00:01:50	00:02:32	00:02:09
t3	00:01:28	00:01:44	00:01:43	00:02:11	00:01:47
t4	00:01:14	00:01:20	00:01:29	00:02:09	00:01:33
t5	00:01:11	00:01:13	00:01:15	00:01:53	00:01:23
média(p)	00:01:33	00:01:47	00:01:40	00:02:20	

Fonte: Os autores.

4.2. Cálculo dos tempos

4.2.1. Tempo normal

Escolheu-se o “operador 1” para realização dos cálculos dos tempos, pois possui a menor média dos tempos para realização da atividade. Antes do cálculo do tempo normal precisou-se definir a eficiência do grupo segundo:

$$Ef = \frac{Fez}{Pode Fazer}$$

Onde o tempo do “operador 1” foi substituído no denominador (pode fazer), pois o mesmo tinha conseguido realizar a atividade no menor tempo, e o tempo do “operador 2”, “operador 3”, e “operador 4” foram substituídos no numerador (fez). Este cálculo foi realizado apenas uma vez para cada operador.

Tabela 2 - Eficiência.

	Tempo médio	Eficiência
Operador 1	00:01:33	100,00%
Operador 2	00:01:47	87%
Operador 3	00:01:40	93,00%
Operador 4	00:02:20	66,43%
	Média	86,59%

Fonte: Os autores.

$$Ef = 86,59\%$$

Logo, o tempo normal com base no operador mais rápido se deu através de:

$$TN = TR \times Ef$$

Onde, o TR que é a média das cronometragens, foi substituído pela média dos tempos cronometrado do “operador 1”.

$$TN = 00:01:33 \times 0,8659$$

$$TN = 93 \times 0,8659$$

$$TN = 80,5287 \text{ segundos}$$

4.2.2. Tempo padrão

$$TP = TN \times FT$$

FT = Fator de tolerância = (1 + T), T é um valor percentual tabelado.

Foi calculado o fator de tolerância que a empresa disponibilizou para seus operadores realizarem suas necessidades fisiológicas, tolerância para alívio das fadigas provenientes da prática contínua e sistematizada do trabalho. A tabela abaixo mostra como pode se avaliar o fator de tolerância de fadiga.

Tabela 3 - Avaliação do fator de tolerância de fadiga utilizado na prática

AVALIAÇÃO DO FATOR DE TOLERÂNCIA							
Tabela 1				Tabela 2		Tabela 3	
Nível de esforço				Condições ambientais		Monotonia do trabalho	
NÍVEL	Mental %	Visual %	Físico %	Tipo	%	Ciclo (minuto)	%
Muito leve	1	1	3	A	0	até 0,5	5
Leve	2	2	5	B	2	de 0,6 a 1,0	4
Médio	4	4	8	C	4	de 1,1 a 1,5	3
Pesado	7	7	12	D	6	acima de 1,5; utilizar a Tabela 1	
Muito pesado	10	10	18	E	8		

Tabela 1	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicar para cada elemento da operação - Somar os percentuais dos três tipos de esforços - Adicionar à soma dos esforços, o percentual da tabela 2 - O uso da tabela 1 exclui o uso da tabela 3
Tabela 2	<ul style="list-style-type: none"> Tipo A - Sem ruídos, poeira ou umidade. Calor ou frio normais. <ul style="list-style-type: none"> - Iluminação e ventilação adequadas - Sem riscos de acidentes ou doenças profissionais Tipo E - Ruído, muita poeira ou umidade. Excesso de calor ou frio artificiais. <ul style="list-style-type: none"> - Iluminação e ventilação péssimas - Razoável risco de acidentes e doenças profissionais
Tabela 3	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar para as operações altamente monótonas, sem esforços - Somar à avaliação, o percentual da tabela 2 - O uso da tabela 3 exclui o uso da tabela 1

Fonte: Peinado; Graeml (2007)

Levando em consideração que as operações são monótonas, além das condições ambientais serem insuficientes no fator de iluminação e ventilação, as condições ambientais são do tipo B, e a monotonia do trabalho é de até 0,5 minuto, temos:

$$T = 2\% + 5\% = 7\%$$

$$FT = 1 + T = 1,07$$

$$TP = 80,5287 \times 1,07$$

$$TP = 86,166 \text{ segundos}$$

4.3. Curva de aprendizagem

Para cada operador, de acordo com a Tabela 1 – Tempos, calculou-se os dados para a construção da curva de aprendizagem como segue:

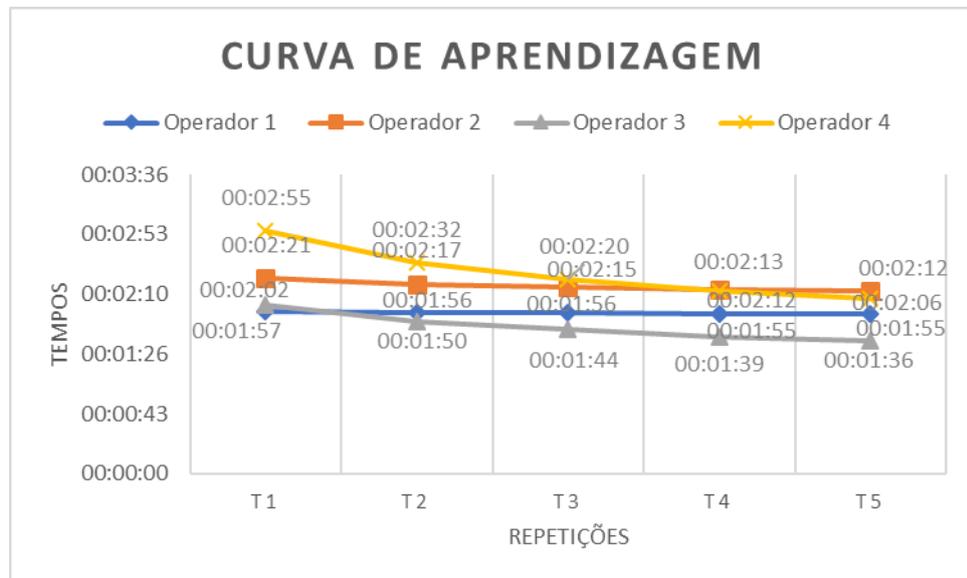
$$t_n = t_1 \times n^{-b} \quad b = \frac{-\ln p}{\ln 2} \quad p = \frac{t_2}{t_1}$$

Tabela 4 – Cálculos para curva de aprendizagem.

Curva de Aprendizagem	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4
t1	00:01:57	00:02:21	00:02:02	00:02:55
t2	00:01:56	00:02:17	00:01:50	00:02:32
t3	00:01:56	00:02:15	00:01:44	00:02:20
t4	00:01:55	00:02:13	00:01:39	00:02:12
t5	00:01:55	00:02:12	00:01:36	00:02:06

Fonte: Os autores

Gráfico 1 – Curva de Aprendizagem



Fonte: Os autores

4.4. Cálculo do número de postos de trabalho

Levando em consideração que em época de festas, como natal e final de ano, a procura por itens de decoração aumentam, foi considerada uma demanda de 150 peças a serem atendidas em 1h de trabalho.

$$N = \frac{t \times D}{h \times Eficiência}$$

D = Demanda;

h = carga horária trabalhada;

t: t_n = quantidade mínima de recursos;
TP = quantidade máxima de recursos (tempo).

$$TP = 86,166$$

h = 1 hora = 3.600 segundos

$$N = \frac{86,166 \times 150}{3.600 \times 0,8659}$$

$$N = 4,146$$

Logo foram necessários, no mínimo, 5 operários para suprir a demanda estipulada.

4.5. Nova medição de tempos

A partir do processo de padronização, com a utilização de formas para realizar cada etapa da construção do produto, obteve-se novos tempos de medição como segue na tabela:

Tabela 5 – Novos Tempos

tempos	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4	média(t)
t1	00:00:43	00:00:49	00:00:28	00:01:31	00:00:53
t2	00:00:42	00:00:47	00:00:24	00:01:20	00:00:48
t3	00:00:42	00:00:47	00:00:23	00:01:05	00:00:44
t4	00:00:39	00:00:46	00:00:21	00:01:00	00:00:42
t5	00:00:38	00:00:46	00:00:21	00:00:58	00:00:41
média(p)	00:00:41	00:00:47	00:00:23	00:01:11	

Fonte: Os autores

4.6. Novo cálculo dos tempos

4.6.1. Tempo normal

Diferentemente da primeira análise, o “operador 3” possui a menor média de tempos para realização da atividade, logo foi considerado o tempo base para realização dos cálculos. Antes do cálculo do tempo normal precisou-se definir a eficiência do grupo:

Tabela 6 – Nova Eficiência

	Tempo médio	Eficiência
Operador 1	00:00:41	56,10%
Operador 2	00:00:47	49%
Operador 3	00:00:23	100,00%
Operador 4	00:01:11	32,39%
	Média	59,36%

Fonte: Os autores

$$Ef = 59,36\%$$

Logo, o tempo normal com base no operador mais rápido se dá através de:

$$TN = TR \times Ef$$

TR = média dos tempos do “operador 3”.

$$TN = 00:00:23 \times 0,5936$$

$$TN = 13,6528 \text{ segundos}$$

4.6.2. Tempo padrão

$$TP = TN \times FT$$

FT = Fator de tolerância = (1 + T), T é um valor percentual tabelado.

Da mesma forma que foi definido a tolerância na primeira análise, temos:

$$T = 2\% + 5\% = 7\%$$

$$FT = 1+T = 1,07$$

$$TP = 13,6528 \times 1,07$$

$$TP = 14,6085 \text{ segundos}$$

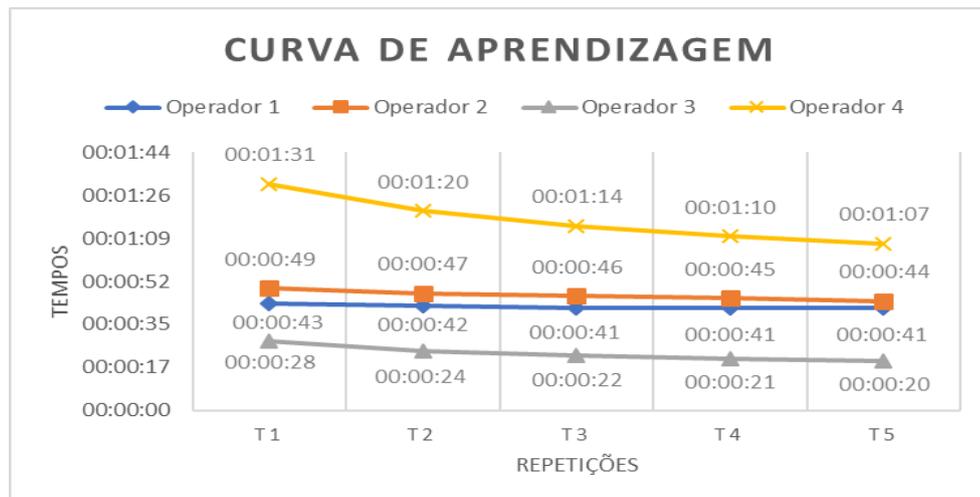
4.7. Nova curva de aprendizagem

Tabela 6 – Cálculos para nova curva de aprendizagem

Curva de Aprendizagem	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4
t1	00:00:43	00:00:49	00:00:28	00:01:31
t2	00:00:42	00:00:47	00:00:24	00:01:20
t3	00:00:41	00:00:46	00:00:22	00:01:14
t4	00:00:41	00:00:45	00:00:21	00:01:10
t5	00:00:41	00:00:44	00:00:20	00:01:07

Fonte: Os autores

Gráfico 2 – Nova curva de aprendizagem



Fonte: Os autores

4.8. Novo cálculo do número de postos de trabalho

$$N = (t \times D) / (h \times \text{Eficiência})$$

D = Demanda;

h = carga horária trabalhada;

t: t_n = quantidade mínima de recursos;

TP = quantidade máxima de recursos (tempo).

$$TP = 14,6085 \text{ segundos}$$

H = 1 hora = 3.600 segundos

$$N = (14,6085 \times 150) / (3.600 \times 0,5936)$$

$$N = 1,025$$

Logo são necessários no mínimo 2 operários para suprir a demanda estipulada.

5. Conclusão

Com o estudo das aulas explicativas, além de pesquisas em artigos, livros e revistas, o estudo dos tempos de produção, dos mecanismos a prova de falha, com o processo de padronização além do processo de melhoria contínua leva o grupo a se aproximarem das práticas reais e lidar com as falhas e imprevistos durante o processo de produção, despertando a visão do futuro engenheiro de produção a buscar métodos viáveis de melhorias de acordo com os problemas.

De início observou-se que muito tempo era voltado para a marcação das medidas e que esse processo, que pode ser feito de maneira mecanizada, estava sendo repetitivo e demorado. Usando-se a padronização de medidas e ângulos, além da barreira que impedirá o material a deslizar na colagem, reduziria o tempo de maneira significativa, e de acordo com os cálculos pode-se observar que o número de operários para atender a demanda passa de 5 para 2, menos da metade da mão de obra para produzir a mesma quantidade de demanda no mesmo tempo de trabalho.

Assim para análises e estudos futuros, pode-se considerar reavaliar todo o processo levando em consideração os novos tempos e números de funcionários, com uma nova distribuição de tarefas e focando no operário que ficou mais distante das médias dos demais para melhorias.

REFERÊNCIAS

PERIARD, Gustavo. **Tudo Sobre a Administração Científica de Taylor**. Disponível em: <<http://www.sobreadministracao.com/tudo-sobre-a-administracao-cientifica-de-taylor/>> Acesso em: 30 de novembro de 2019.

TAYLOR, F (1903) – **Shop Management**.

BARNES, Ralph Mosser. **Estudo De Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho**. 6 ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1977.

GHINATO, P. (1996) - **Sistema Toyota de Produção, mais do que simplesmente just-in-time**. EDUCS, Caxias do Sul.

OHNO, T. (1997) - **O Sistema Toyota de Produção; Além da produção em larga escala**. Porto Alegre, Bookman.

MARTINS, H. A. **Estudo sobre os conceitos da automação e aplicação de PFMEA para auxílio na implementação de sistemas à prova de erro**. Trabalho de graduação - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

SHIMBUN, N. K. **Poka-yoke: improving product quality by preventing defects**. Portland, MA: Productivity Press, 1988.

NOGUEIRA, L. J. M. **Melhoria da Qualidade através de Sistemas Poka-Yoke**. 2010. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59614/1/000141304.pdf>>. Acesso em: 10 de jan. 2020.

SHINGO S. 1996. **O sistema Toyota de produção, do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Artemed.

POSAJEK, R.B. 1999. **Poka-Yoke and Zero Waste**. Environ. Quality Management. 2: 91-97.

PEINADO, J.; GRAEM, A. R. (2007) – **Administração da Produção: Operações Industriais e de Serviço**. Unicamp, Curitiba – PR.

APÊNDICES

Apêndice I – Montagem da cesta

