

ANÁLISE DE FERRAMENTA ERGONÔMICA EM POSTO DE TESTE PARA PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO

Suelen Roberto da Silva (UNINORTE) E-mail: suelenroberto8@gmail.com

Gizele Melo Uchoa (UNINORTE) E-mail: gizele.uchoa@uninorte.com.br

Resumo

Com o intuito de melhorar a qualidade de vida no trabalho, cabe aos gestores das organizações realizarem e disponibilizar oportunidades de melhorias a todos, a fim de atender a demanda do mercado e sempre satisfazer as necessidades do cliente. Deste modo, o presente artigo apresenta uma análise a partir das metodologias como o DMAIC, critério semiquantitativo de Moore e Garg e de produtividade através da ferramenta PPT Matrix de um posto de teste, em uma indústria de montagem de placas de circuito impresso no Pólo Industrial de Manaus (PIM), no estado do Amazonas. A proposta era analisar o posto com o maior índice de atrasos e detectar possíveis problemas ergonômicos envolvidos no processo e assim aplicar um dispositivo de cabos para facilitar e agilizar o procedimento de teste manual das placas. O dispositivo possui a característica de formar o gabarito perfeito de fixação entre os cabos e as entradas da placa reduzindo o tempo de teste, esforço físico-ergonômico. A melhoria através de sua utilização trouxe as seguintes modificações: um aumento na produção para 379 placas por hora no posto de teste aumentando a produção em aproximadamente em 22%; reduziu o tempo de montagem para 27,95 segundos por placa; modificou o fator de risco ergonômico de moderado para risco baixo com 1,13 no critério de Moore e Garg tornando o processo mais ágil e eficiente.

Palavras chave: Ergonomia, DMAIC, dispositivo, PPT Matrix, Moore e Garg.

1. Introdução

Devido a competitividade no mercado que encontramos hoje, quaisquer ações que visem gerar agilidade, aumentar capacidades e progredir dentro dos processos fabris são muito bem recebidos nas organizações, sendo consideradas ações positivas e atrativas de retornos diretos ao processo produtivos.

Dessa forma, a ergonomia tem papel fundamental na questão, não somente de conforto e segurança, mas também influencia na qualidade de vida no trabalho.

Másculo e Vidal (2011) dizem que qualidade de vida no trabalho é algo que pode ser difícil de ser explicado em palavras, mas é facilmente identificado pelo sujeito como um estado do ser, pois, uma vez percebidos pelo sujeito atravessam o limite da empresa fazendo parte do contexto de vida e gerando expectativas.

A compreensão de como o trabalho com qualidade de vida pode aumentar a produtividade e diminuir e/ou eliminar as não conformidades pode trazer inovações no ambiente operacional. Inovações que podem surgir dentro do processo produtivo contribuindo para melhorias ergonômicas e redução de custos.

Seguindo essa linha, após a aplicação de uma ferramenta de organização de ciclo do processo chamada PPT Matrix em um processo de montagem de placas de circuito impresso (PCB), identificou-se postos de trabalho com diferenças produtivas relacionadas aos riscos ergonômicos.

Foi utilizada a ferramenta DMAIC para ordenação das tarefas. Segundo Petenate (2013) a ferramenta segue um roteiro (*define – measure – analyse – improve – control*) que é um componente básico do método Seis Sigma sejam em projetos de *Yellow Belt*, *Green Belt* ou *Black Belt*. Este método foi desenvolvido na Motorola, na década de 80, e construído sobre programas TQM (*Total Quality Management*) com foco na redução de variação dos processos.

Martins e Laugeni (2005) afirmam que estabelecer padrões para os programas de produção para permitir o planejamento da fábrica, utilizando com eficácia os recursos disponíveis e, também, para avaliar o desempenho de produção em relação ao padrão existente são importantes também para fornecer dados para o estudo de balanceamento de estruturas de produção, comparar roteiros de fabricação e analisar o planejamento de capacidade.

De acordo com Oliveira (2008), o estudo de tempos possibilita a empresa conhecer o tempo utilizado para produzir uma peça, podendo assim fazer estimativas de entrega de produto e o quanto ela poderá produzir, sua capacidade e disponibilidade.

O presente trabalho consistiu em implementar um dispositivo de melhoria ergonômica em posto de teste para placas de circuito impresso, após feita a análise ergonômica pelo time de engenharia da fábrica e colaboradores do processo.

Para isto foram utilizados os métodos de estudo dos tempos, para que se obtivesse uma noção mais específica do tempo para uma operação; este por sua vez foi utilizado no rebalanceamento da produção e na formulação de um novo *layout* da produção.

Após várias análises foi encontrada uma dificuldade ergonômica e produtiva quando se realizava o teste de nível da placa, com fator de esforço de movimentos superiores acima do ideal, 4,5 na escala de Moore e Garg encontrada no posto da fábrica.

Segundo Couto, (2007), a escala de Moore Garg é um critério semiquantitativo que se propõe a estabelecer um índice de sobrecarga biomecânica para extremidade distal de membros superiores, no qual, quanto maior for o índice encontrado, maior será o risco de se desenvolver tais lesões. É importante destacar que o método avalia o trabalho e não as pessoas envolvidas.

Logo, ao serem identificados os riscos ergonômicos foi desenvolvido um dispositivo de melhoria para redução do esforço e da sobrecarga. Desenvolveu-se um dispositivo de encaixe de cabos a placa de circuito impresso, onde o encaixe dos cabos possibilitou uma redução da movimentação realizada pelo colaborador no processo anterior.

Realizou-se a análise de processo seguindo fases:

- Mapeando as atividades, verificando a ordem de cada posto;
- Realizando o levantamento de tempos;
- Realização do relatório ergonômico tendo como foco o fator de esforço;
- A aplicação do dispositivo;
- E os resultados encontrados utilizando o critério de Moore e Garg.

Tais fases possibilitaram uma metodologia de diagnóstico, proposta e implementação de melhoria ergonômica no posto de trabalho que apresentou riscos ergonômicos.

2. Metodologia

Este trabalho baseou-se em revisão bibliográfica, estudo de caso, uma vez que fez uso de um objeto de estudo extraído de uma aplicação prática de reengenharia de postos de trabalho. Seguiu-se a análise de aplicação da ferramenta ergonômica, critério semiquantitativo de Moore e Garg, cujos resultados foram levantados a partir do problema ergonômico encontrado, para colocar em prática as outras fases mencionadas.

Através da ferramenta DMAIC foi feita a organização do trabalho, que passou por cinco fases: “Definir” (*Define* - D), “Medir”(*Measure* - M), “Analisar” (*Analyze* - A), “Melhoria”(*Improve* - I), “Controlar”(*Control* - C) do *Lean Manufacturing*.

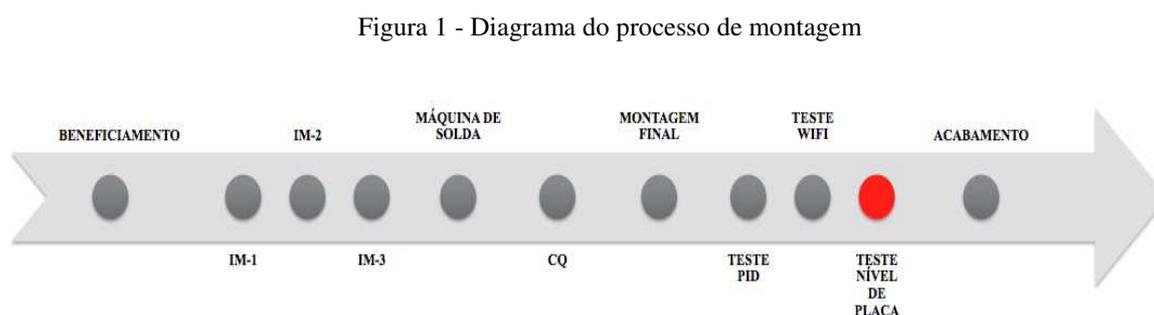
Dessa forma, foi realizado um plano de tarefas:

- Fase 1: Coleta de dados visuais sobre o problema e verificar a oportunidade de melhoria e definir os resultados esperados após a melhoria;
- Fase 2: Definir o cronograma das fases a serem planejadas, iniciadas, cumpridas e acompanhadas;
- Fase 3: Definir o processo sem mapeá-lo utilizando a ferramenta do *Lean* SIPOC;
- Fase 4: Realizar a análise de tempos e métodos através do PPT Matrix e do fator de esforço dos membros superiores de Moore e Garg;
- Fase 5: Encontrar as causas raízes do determinado problema através do Diagrama de Causa e Efeito de Ishikawa;
- Fase 6: Determinar uma solução para os problemas encontrados;
- Fase 7: Implementar o dispositivo desenvolvido pela equipe de Manutenção e acompanhar;
- Fase 8: Apresentar os resultados após a implementação do dispositivo no esquema de PPT Matrix e do fator de esforço de Moore e Garg.

Através disso foi possível identificar o índice de sobrecarga biomecânica de Moore e Garg nos apresentou risco moderado com o fator de multiplicidade de 4,5 após a implantação do dispositivo que fazia o encaixe perfeito de todos os cabos de forma ordenada e sendo acionado por uma alavanca, obteve um fator de 1,13 no fator, considerado baixo risco ergonômico na atividade.

3. Descrição do processo

O processo de fabricação das placas segue o padrão de produção em massa, gerando produtos similares e sendo produzidos em uma linha de produção horizontal. O diagrama da Figura 1 a seguir exemplifica o processo, tendo como destacado em vermelho o posto que foi analisado neste trabalho.



Fonte: Arquivo Pessoal

Dessa forma, cada posto de trabalho diverge nas suas atividades para a formação do produto. O posto em destaque na Figura 1, Teste Nível de Placa, foi o que apresentou maiores queixas ergonômicas e com o maior tempo de montagem e testagem da linha, conseqüentemente será o beneficiado desta análise.

3.1 Aplicação do DMAIC no processo de análise ergonômica

Foram utilizadas algumas métricas disponíveis pela ferramenta para apresentação de resultados a fim de melhorar e organizar a leitura e execução dos resultados nesse projeto.

A ergonomia tem uma visão ampla, abrangendo atividades de planejamento e projeto, que ocorrem antes do trabalho ser realizado, e aqueles de controle e avaliação, que ocorrem durante e após esse trabalho. Tudo isso é necessário para que o trabalho possa atingir os resultados desejados (LIDA; ITIRO, 2005).

Partindo da ideia de encontrar o problema e realizar melhorias necessárias, foi feito um cronograma organizado por semana, para obedecer a ordem das atividades do DMAIC. Abaixo segue no Esquema 1 o cronograma .

Esquema 1 - Cronograma do Projeto de melhoria do processo

Fase	Semana Planejada	Semana Iniciada	Semana Completada
Definir	29	30	30
Medir	29	31	31
Analisar	30	32	32
Melhorar	31	33	33
Controlar	32	33	35

Fonte: Arquivo pessoal

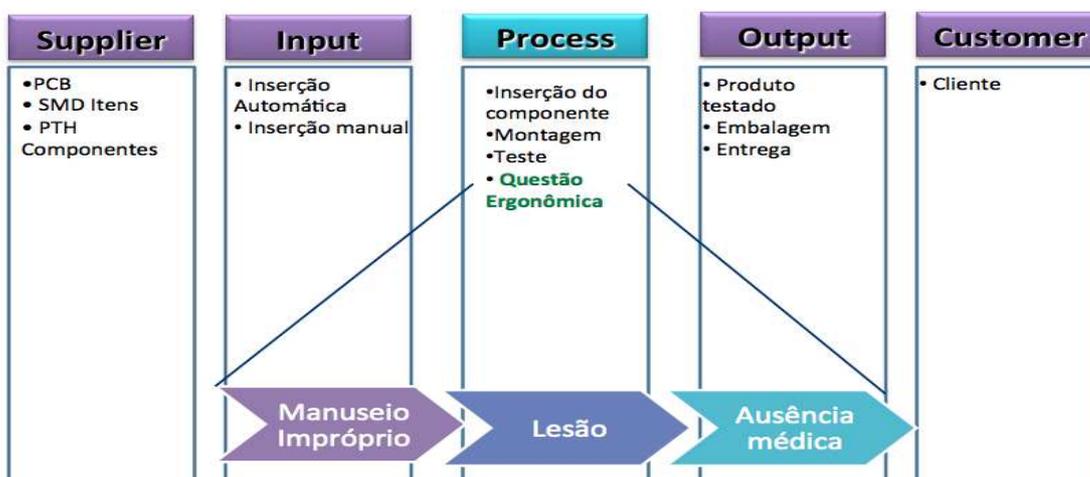
O cronograma permitiu o acompanhamento e execução das fases da metodologia DMAIC no processo, sabendo onde cada etapa deve começar e terminar, encorajando o time a cumprir no tempo determinado a fim de evitar atrasos.

3.1.1 Aplicação do DMAIC - Definir

Ainda no processo de “definir” do DMAIC foi necessário fazer o mapeamento do processo para identificar em que momento foi encontrado o problema, para isto se fez uso da ferramenta SIPOC. Segundo o *blog* FM2S (2015) SIPOC que é abreviado do inglês de: *Suppliers* (Fornecedores) – *Inputs* (Entradas) – *Process* (Processo) – *Outputs* (Saídas) – *Customer* (Clientes) é um formulário para ajudar a definir um processo antes de começar a mapeá-lo, mensurá-lo ou melhorá-lo.

Abaixo na Figura 2, foi identificado o processo e a causa (em verde) e as consequências do problema identificado.

Figura 2 - SIPOC do processo de montagem de placas PCB



Fonte: Arquivo pessoal

Utilizando as consequências (parte inferior da Figura 2) como parâmetros para os problemas que poderão gerar, estimulou os envolvidos na melhor percepção de ideias e oportunidades de melhorias.

3.1.2 Medir

Nesta fase do projeto foi mensurado a partir da ferramenta PPT Matrix, o posto que estava ocasionando mais atrasos e afetando a progressividade da produção. Através dela conseguiu-se ver o foco de onde a melhoria deveria ser aplicada. Através da Figura 3 apresentando a ferramenta.

Figura 3 - PPT Matrix analisado antes da melhoria

Análise da linha e recursos necessários - PPT MATRIX						Demanda Sem	12000						
Demanda mensal (20 dias/Mês)=		48000				Dias na semana	6	Modelo	HG100R-L4				
Dc (design linha) com 0% de downtime		0				Demanda diária	2000	Demanda Mensal		48000			
Hrs. Celula design:		7	Planta	REAL Tempo	Hrs. Disponiv	Hrs por dia	7	Hrs por dia		7			
Unids por dia:		2.000		1o. Turno =	7	Unids por Hr.	286						
Units/hr:		286		2do. Turno =		Unids por linha	2000						
Takt time:		12,60		3do. Turno =		Linhas neces.	1						
			4to. Turno =			2000	Total Horas por dia		7				
OPERAÇÃO	Tempo de ciclo (seg)	Tempo de ciclo (montagem)	OEE PFD	Padr. Tempo	Takt time	Recursos necessários	HOMEM/MÁQUINA	DLs Necessários	Tempo com recursos	MAN tempo perdido	Total Capacidade e por hr.	Capacidade de máx por dia	
BENEFICIAMENTO	11,20	11,20	98%	11,42	12,60	0,91	1,00	1,0	11,42	0,80	315	2206	
IM-01	11,50	11,50	98%	11,73	12,60	0,93	1,00	1,0	11,73	0,49	307	2148	
IM-02	11,60	11,60	98%	11,83	12,60	0,94	1,00	1,0	11,83	0,39	304	2130	
IM-03	11,70	11,70	98%	11,93	12,60	0,95	1,00	1,0	11,93	0,29	302	2112	
CQ	11,75	11,75	98%	11,99	12,60	0,95	1,00	1,0	11,99	0,24	300	2103	
MONTAGEM FINAL 1	11,85	11,85	98%	12,09	12,60	0,96	1,00	1,0	12,09	0,14	298	2085	
PID	23,95	23,95	98%	24,43	12,60	1,94	2,00	2,0	12,21	0,02	295	2063	
WIFI	23,98	23,98	98%	24,46	12,60	1,94	4,00	2,0	6,11	12,22	589	4121	
TESTE DE NÍVEL	35,95	35,95	98%	36,67	12,60	2,91	3,00	3,0	12,22	0,00	295	2062	
EMBALAGEM	11,90	11,90	98%	12,14	12,60	0,96	1,00	1,0	12,14	0,09	297	2076	
Padrao Hom/Hr		0,04594	Total operadores necessário=					14,0			14,66	295	2062
Balanceamento de perdas por semana		36,73	Produtividade por operador (Unids/operador)=					21				MIN	MIN
Eficiência do balanceamento de linha									86,26%				
Minutos perdidos por unidade produzidas									0,24				

Fonte: Arquivo pessoal

Através dessa ferramenta, adicionou-se todos os dados referentes a tempo de ciclo, tempo de montagem, quantidade de pessoas necessárias para cada posto, o tempo ideal, a capacidade de placas a serem montadas por posto em uma hora e por mês.

Como se pode ver na Figura 3, a ferramenta através de fórmulas aplicadas automaticamente identifica a produção que foi mais afetada (em laranja), que consta o valor de 295 placas por hora, 2062 placas testadas por dia e com o tempo de ciclo de 35,95 segundos de operação, sendo então o gargalo o posto de Teste de Nível, logo esse será o local a ser analisado mais profundamente.

Em seguida foi feita uma análise ergonômica do posto, Teste de Nível, Figura 4, utilizando o critério semiquantitativo de Moore e Garg, foi verificado que o colaborador deve inserir 7 cabos um de cada vez, para realização do teste também na finalização do teste de retirar todos os cabos e seguir para o posto de embalagem.

Figura 4: Posto de Teste de Nível



Fonte: Arquivo pessoal

Na Tabela 1, segue a análise do posto que identificou riscos ergonômicos presentes nessa atividade.

Tabela 1 - Análise ergonômica antes da melhoria de Moore e Garg antes da otimização

<p>Índice de Sobrecarga Biomecânica: FIE x FDE x FFE x FPMPOC x FRT x FDT</p>			
FIE = Fator Intensidade do Esforço		FDE = Fator Duração do Esforço	
FFE = Fator Frequência do Esforço		FPMPOC = Fator Postura da Mão, Punho, Ombro, Coluna	
FRT = Fator Ritmo do Trabalho		FDT = Fator Duração do Trabalho	
Fator Intensidade do Esforço			
Fator	Classificação	Caracterização	Multiplicador
Fator Intensidade do Esforço	Leve	Tranquilo.	1
	Algo pesado	Percebe-se Algum Esforço	3
	Pesado	Esforço nítido: sem mudança de expressão facial	6
	Muito Pesado	Esforço Nítido: mudança de expressão facial	9

	Próximo ao máximo	Usa tronco e ombros; e outros grupamentos auxiliares	13
Fator Duração do Esforço			
Fator	Classificação		Multiplicador
FDE – Fator Duração do Esforço	< 10%		0,5
	10 - 29%		1,0
	30 - 49%		1,5
	50 - 79%		2,0
	> 79%		3,0
Fator Frequência do Esforço			
Fator	Classificação		Multiplicador
FFE – Fator Frequência do Esforço	> 4		0,5
	4 – 8		1,0
	9 – 14		1,5
	15 – 19		2,0
	> 19		3,0
Fator Intensidade do Fator Posturas da Mão, Punho, Ombro, Coluna			
Fator	Classificação	Caracterização	Multiplicador
FPMPOC - Fator da Mão, Punho, Ombro e Coluna	Muito boa	Neutro	1
	Boa	Próximo ao neutro	1
	Razoável	Não neutro	1,5
	Ruim	Desvio nítido	2
	Muito ruim	Desvio próximo dos extremos	3
Fator Ritmo de Trabalho			
Fator	Classificação	Caracterização	Multiplicador

FRT – Fator Ritmo de Trabalho	Muito lento	< 81%	1
	Lento	81 - 90%	1
	Razoável	91 - 100 %	1
	Rápido	91 - 100 % apertado, mas ainda conseguindo acompanhar	1,5
	Muito Rápido	>116 % - apertado e não conseguindo acompanhar	2
Fator Duração do Trabalho			
Fator	Classificação		Multiplicador
FDT –	<1 hora		0,25
Fator Duração do Trabalho	1 – 2		0,50
	2 – 4		0,75
	4 – 8		1,0
	> 8		1,5
Interpretação dos Resultados			
	Os fatores são multiplicados, obtendo-se um número, que é interpretado da seguinte forma:		
< 3,0	Baixo risco de lesões biomecânicas		
3 - 7,0	Duvidoso, questionável, moderado		
> 7,0	Decididamente, alto risco de lesão, tão mais alto quanto maior for o resultado da multiplicação		

Fonte: Adaptado de Andrade *apud* Moore e Garg (1995)

Abaixo os resultados encontrados a partir dos multiplicadores:

$$\text{Índice} = \text{FIT} \times \text{FDE} \times \text{FFE} \times \text{FPMP} \times \text{FRT} \times \text{FDT}$$

Solução: $1 \times 15 \times 1 \times 2 \times 1,5 \times 1 = 4,50$ (Risco moderado).

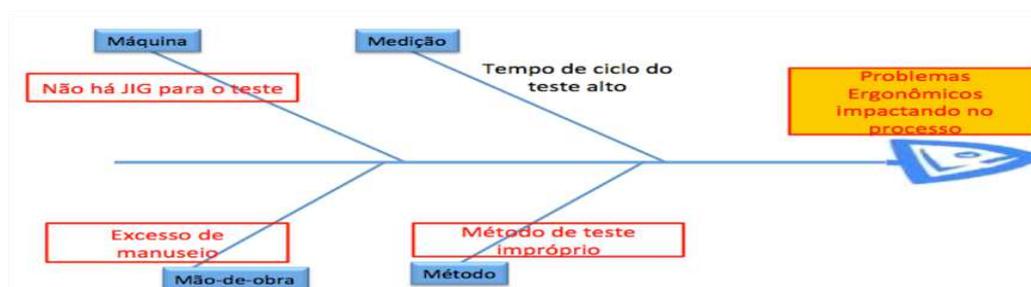
O índice resultante constou que a atividade se encontra entre 3,0 e 7,0, logo possui o risco de caráter moderado.

Vale ressaltar que essa ferramenta representa uma grande aceitação no meio acadêmico, empresarial e judicial, quando se trata de demandas relacionadas à repetitividade, aplicação de forças e posturas forçadas para extremidades distais de membro superior, logo sendo a mais ideal para analisar o grau de risco do posto através dos fatores ergonômicos.

3.1.3. Analisar

Na fase de analisar, foi utilizado o diagrama de Ishikawa para se obter as causas raízes que levaram a ocorrência do problema. Segundo Henrique e Fiorio (2013) o Diagrama de Ishikawa serve para que os envolvidos na solução de um processo industrial consigam visualizar melhor o efeito indesejado ocorrido e as suas possíveis causas. Além disso, a ferramenta também estrutura de forma hierárquica as causas em potencial, bem como as oportunidades de melhoria. Na Figura 5 temos o diagrama de Ishikawa com as causas raízes do problema.

Figura 5 - Diagrama de Ishikawa do problema



Fonte: Arquivo pessoal

Encontrou-se três causas mais impactantes no processo e foram destacados na Figura 5 em vermelho, onde no item “máquina” não existe um dispositivo para o teste; em “mão-de-obra” há o excesso de manuseio na operação de teste onde o colaborador deve fazer a operação em “método” consta o método de teste impróprio que caracteriza o momento não ergonômico que impactou o processo.

3.1.4. Melhorar

Após a utilização das ferramentas de definição, medição e análise, foi constatado que melhorias devem ser realizadas no posto Teste de Nível da fábrica, com isso a equipe de manutenção confeccionou seis dispositivos idênticos acionados por alavancas mecânicas que

possuem os gabaritos exatos dos cabos que se encaixam na placa para realização do teste e ao finalizar os mesmos são desencaixados facilmente, Figura 6.

Figura 6 - Placa fixada no dispositivo de Teste de Nível de placa



Fonte: Arquivo Pessoal

Para confecção deste dispositivo a gerência da fábrica investiu em todos os custos relacionados a sua fabricação, pois demandou de várias reuniões com os envolvidos, não excluindo a opinião dos colaboradores que realizam o teste na placa, para gerar a projeção de acordo com as necessidades da linha.

3.1.5. Controlar

Após a implementação do dispositivo acompanhou-se por duas semanas os colaboradores que fariam uso do posto, a fim de obter completa habilidade de manusear o mesmo, onde não foram encontradas dificuldades devido a praticidade do dispositivo. Nas primeiras horas de adaptação já se obteve uma mudança no processo que se tornou mais ágil e os gargalos foram reduzindo.

Em virtude disso novas análises de produtividade (PPT Matrix) e de ergonomia (Moore e Garg) foram feitas novamente para coletar os resultados e comparar as mudanças.

4. Resultados

Na Figura 7, temos o resultado do PPT Matrix, após o período de estabilização do processo com o novo procedimento aplicado ao teste. Não foi necessário duplicar a quantidade de

postos de trabalho para se obter tais resultados, apenas a aplicação de dois dispositivos para as três bancadas que fazem uso do teste foram aplicadas nesse trabalho.

Figura 7 - PPT Matrix após a implementação do dispositivo

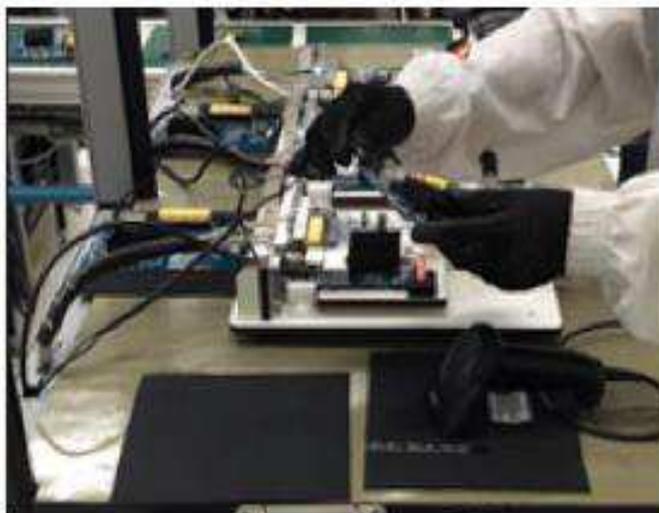
Análise da linha e recursos necessários - PPT MATRIX						Demanda Sem	12000						
Demanda mensal (20 dias/Mês)=		48000		Dias na semana		6	Modelo	HG100R-L4					
Dc (design linha) com 0% de downtime		0		Demanda diária		2000	Demanda Mensal		48000				
Hrs. Celula design.		7		REAL Tempo	Hrs. Disponiv	Hrs por dia		7					
Unids por dia:		2.000				1o. Turno =		Unids por Hr.		286			
Unids/hr:		286				2do. Turno =		Unids por linha		2000			
Takt time:		12,60				3do. Turno =		Linhas neces.		1			
		100%		4to. Turno =		2000		Total Horas por dia		7			
OPERAÇÃO	Tempo de ciclo (seg)	Tempo de ciclo (montagem)	OEE PFD	Padr. Tempo	Takt time	Recursos necessários	HOMEM/MÁQUINA	DLs Necessários	Tempo com recursos	MAN tempo perdido	Total Capacidade e por hr.	Capacidade de máx por dia	
BENEFICIAMENTO	11,20	11,20	98%	11,42	12,60	0,91	1,00	1,0	11,42	0,79	315	2206	
IM-01	11,50	11,50	98%	11,73	12,60	0,93	1,00	1,0	11,73	0,48	307	2148	
IM-02	11,60	11,60	98%	11,83	12,60	0,94	1,00	1,0	11,83	0,38	304	2130	
IM-03	11,70	11,70	98%	11,93	12,60	0,95	1,00	1,0	11,93	0,28	302	2112	
CQ	11,75	11,75	98%	11,99	12,60	0,95	1,00	1,0	11,99	0,23	300	2103	
MONTAGEM FINAL 1	11,85	11,85	98%	12,09	12,60	0,96	1,00	1,0	12,09	0,13	298	2085	
PID	23,95	23,95	98%	24,43	12,60	1,94	2,00	2,0	12,21	0,00	295	2063	
WIFI	23,98	23,98	98%	24,46	12,60	1,94	4,00	2,0	6,11	12,20	589	4121	
TESTE DE NIVEL	27,95	27,95	98%	28,51	12,60	2,26	3,00	3,0	9,50	8,13	379	2652	
EMBALAGEM	11,90	11,90	98%	12,14	12,60	0,96	1,00	1,0	12,14	0,08	297	2076	
Padrao Hom/Hr		0,04372		Total operadores necessário=				14,0		22,71		295	2063
Balanceamento de perdas por semana		63,40		Produtividade por operador (Unids/operador)=				21				MIN	MIN
Eficiencia do balanceamento de linha									82,14%				
Minutos perdidos por unidade produzidas									0,38				

Fonte: Arquivo pessoal

Conforme esperado, a tabela automaticamente não apresentou a marcação em laranja que foi encontrada na Figura 3, devido a estabilização do processo com os outros postos de trabalho. Dessa forma, já foi possível validar que a melhoria trouxe benefícios ao processo produtivo apresentando uma redução no tempo de ciclo de 8 segundos em comparação com a Figura 3 que era de 35,92 segundos passando a testar em 27,95 segundos; um aumento na produção por hora do posto de Teste de Nível (ver Figura 8) era de 295 placas por hora passando a produzir 379 placas e também elevação na capacidade máxima por dia de 2000 placas testadas para 2652 após a melhoria implantada.

A partir desse dados obteve-se uma otimização significativa na produtividade de 22% afetando positivamente toda a cadeia produtiva e eliminando o gargalo que o posto gerava devido ao seu tempo de montagem dos cabos ser muito maior em comparação com os outros postos do processo

Figura 8- Utilização do dispositivo mecânico durante o teste



Fonte: Arquivo pessoal

Analisando a Tabela 2 do índice de sobrecarga biomecânica de Moore e Garg, obteve-se os seguintes resultados após a melhoria.

Tabela 2 - Análise ergonômica de Moore e Garg depois da otimização

Índice de Sobrecarga Biomecânica: FIE x FDE x FFE x FPMPOC x FRT x FDT			
FIE = Fator Intensidade do Esforço		FDE = Fator Duração do Esforço	
FFE = Fator Frequência do Esforço		FPMPOC = Fator Postura da Mão, Punho, Ombro, Coluna	
FRT = Fator Ritmo do Trabalho		FDT = Fator Duração do Trabalho	
Fator Intensidade do Esforço			
Fator	Classificação	Caracterização	Multiplicador
FIE – Fator Intensidade	Leve	Tranquilo.	1
	Algo pesado	Percebe-se Algum Esforço	3
	Pesado	Esforço nítido: sem mudança de	6

do Esforço		expressão facial	
	Muito Pesado	Esforço Nítido: mudança de expressão facial	9
	Próximo ao máximo	Usa tronco e ombros; e outros grupamentos auxiliares	13
Fator Duração do Esforço			
Fator	Classificação		Multiplicador
FDE - Fator Duração do Esforço	< 10%		0,5
	10 - 29%		1,0
	30 - 49%		1,5
	50 - 79%		2,0
	> 79%		3,0
Fator Frequência do Esforço			
Fator	Classificação		Multiplicador
FFE – Fator Frequência do Esforço	> 4		0,5
	4 - 8		1,0
	9 - 14		1,5
	15 - 19		2,0
	> 19		3,0
Fator Intensidade do Fator Posturas da Mão, Punho, Ombro, Coluna			
Fator	Classificação	Caracterização	Multiplicador
FPMPOC - Fator da Mão, Punho, Ombro e Coluna	Muito boa	Neutro	1
	Boa	Próximo ao neutro	1
	Razoável	Não neutro	1,5
	Ruim	Desvio nítido	2
	Muito ruim	Desvio próximo dos extremos	3

Fator Ritmo de Trabalho			
Fator	Classificação	Caracterização	Multiplicador
FRT – Fator Ritmo de Trabalho	Muito lento	< 81%	1
	Lento	81 - 90%	1
	Razoável	91 - 100 %	1
	Rápido	91 - 100 % apertado, mas ainda conseguindo acompanhar	1,5
	Muito Rápido	>116 % - apertado e não conseguindo acompanhar	2
Fator Duração do Trabalho			
Fator	Classificação	Multiplicador	
FDT - Fator Duração do Trabalho	<1 hora	0,25	
	1 - 2	0,50	
	2 - 4	0,75	
	4 - 8	1,0	
	> 8	1,5	
Interpretação dos Resultados			
	Os fatores são multiplicados, obtendo-se um numero, que é interpretado da seguinte forma:		
< 3,0	Baixo risco de lesões biomecânicas		
3 - 7,0	Duvidoso, questionável, moderado		
> 7,0	Decididamente, alto risco de lesão, tão mais alto quanto maior for o resultado da multiplicação		

Fonte: Adaptado de Andrade *apud* Moore e Garg (1995)

Como resultado obteve-se:

$$\text{Índice} = \text{FIT} \times \text{FDE} \times \text{FFE} \times \text{FPMP} \times \text{FRT} \times \text{FDT}$$

Solução: $1 \times 1 \times 0,5 \times 1,5 \times 1,5 \times 1 = 1,13$ (Risco baixo).

A ferramenta havia demonstrado anteriormente risco moderado com 4,5 segundo a classificação de Moore e Garg, o que foi o fator explicativo da diferença produtiva dentro do processo. Após a implantação do dispositivo mecânico o índice baixou consideravelmente para 1,13 tornando o risco de ocorrer lesões durante a operação menos favorável.

Com esse resultado provamos a eficiência da aplicação do dispositivo que foi o fator determinante para a estabilidade do processo e principalmente pela a eliminação de um índice que estava duvidoso

5. Considerações finais

Após as aplicações metodológicas de DMAIC, PPT Matrix no processo e a ferramenta ergonômica de Moore e Garg, no posto de trabalho foi possível identificar o problema do processo e o posto que se apresentava riscos ergonômicos contribuintes de índices menores de produtividade e danos a saúde ocupacional. Assim, foi proposto uma melhoria por meio da implementação do dispositivo mecânico, onde o colaborador faz o encaixe da placa no mesmo e puxar uma alavanca para que todos os cabos se conectem ao mesmo tempo, corroborou com a eficácia do equipamento.

Dessa maneira obter a melhoria de 22% na produtividade, tendo em comparação com a produção anterior com uma capacidade de teste de placas de 275 para 379 unidades por hora, uma diminuição do tempo de ciclo de 35,95 para 27,95 segundos e a diminuição do seu grau de risco, de grau moderado (4,50) para um grau de risco baixo (1,13) no índice ergonômico, fazendo projeção para que a análise seja aplicada em outros processos semelhantes sendo no atingimento da meta estabelecida e visando sempre na qualidade de vida no ambiente produtivo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Fred. **O Critério Semiquantitativo de Moore e Garg - 1995**: Modificado para considerar ombro e coluna. Belo Horizonte: É Fantastico Web. Disponível em: <efantastico.com.br/fredandrade/trabalhos/ergonomia/criterio_semi_quantativo.htm>. Acesso em: 25 jan. 2017.

COUTO, Hudson de Araújo. **Ergonomia aplicada ao trabalho**: conteúdo básico: guia prático. Belo Horizonte: Ergo Editora, 2007.

HENRIQUE, Fábio e FIORIO, Vivian. **O que é o Diagrama de Ishikawa?**. Sao Paulo: Indústria Hoje. Disponível em: <<http://www.industriahoje.com.br/diagrama-de-ishikawa>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

LIDA, Itiro. O que é Ergonomia?: Definição de objetivos da Ergonomia. **Ergonomia Projeto e Produção**. Brasília: Edgard Blücher, 2005. P. 1-22.

MARTINS, Petrônio e LAUGENI, Fernando. Estudo de Tempos e Métodos: Finalidades do estudo de tempos. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2005. P. 84-132.

MÁSCULO, Francisco e VIDAL, Mário. A qualidade de vida no trabalho: O conceito de QVT. **Ergonomia: Trabalho Adequado e Eficiente**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2011 P. 230-241.

OLIVEIRA, P. **Estudo sobre balanceamento de produção em uma indústria de camisaria que utiliza sistema vac. 2008**. Trabalho de conclusão de curso – FAED, Universidade do Estado de Santa Catarina, Santa Catarina, 2008.

PETENATE, Marcelo. **O que é o roteiro DMAIC no Lean Six Sigma?**. Campinas: Escola EDTI. Disponível em: <<http://www.escolaedti.com.br/roteiro-dmaic/>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

SANTOS, Murilo e SANTOS, Virgílio. SIPOC: **O que significa e como aplicar esta ferramenta?**. Sao Paulo: FM2S. Disponível em: < <http://www.fm2s.com.br/como-fazer-um-sipoc/>>. Acesso em: 09 jan. 2017.

