

ERGONOMIA E MELHORIA CONTÍNUA: O MÉTODO NIOSH PARA HUMANIZAR POSTO DE TRABALHO EM INDÚSTRIA ELETROELETRÔNICA NO PÓLO INDUSTRIAL DE MANAUS

Wander Lúcio de Melo Rodrigues ⁽¹⁾ (2015001705@ifam.edu.br), Roberto Canedo Rosa ⁽²⁾
(roberto.rosa@ifam.edu.br)

⁽¹⁾ Instituto Federal de Ciência e Tecnologia e Educação do Estado do Amazonas (IFAM); DPI

RESUMO: *A busca de melhoria contínua e o desenvolvimento das atividades numa indústria são princípios que norteiam os rumos do modelo de negócio. Em uma indústria do Polo Industrial de Manaus, a busca por melhoria contínua é um princípio para o desenvolvimento do processo e de seus colaboradores. O estudo apresentado desenvolve uma pesquisa de aplicação ergonômica, avaliando a atividade do colaborador, suas ferramentas de trabalhos e os possíveis impactos que essa operação provoca sem sua saúde e bem-estar. A partir da análise ergonômica da atividade do operador em um posto de reparo de JIG'S de montagem de painéis para televisores de LCD (Light Cristal Liquid), os dados levantados mostraram que o colaborador estava sujeito a um risco físico ao realizar sua atividade de levantamento manual do JIG com peso de 65 kg. O projeto apresentado objetiva desenvolver mecanismos para eliminar o levantamento manual de carga, diminuir as perdas de produtividade e proporcionar ao colaborador um ambiente de trabalho confortável. Foi desenvolvido um sistema pneumático para remoção do JIG, eliminando a necessidade do trabalho manual. A operação de reparo após a implantação do mecanismo reduziu as perdas de produtividade e proporcionou ao operador um posto de trabalho mais eficiente e sem riscos a sua saúde.*

PALAVRAS-CHAVE: ERGONOMIA, NIOSH, MELHORIA CONTÍNUA, INDÚSTRIA ELETROELETRÔNICA

APPLICATION OF ERGONOMICS FOR CONTINUOUS IMPROVEMENT WITH THE NIOSH METHOD TO HUMANIZE A WORKSTATION IN NA ELETRONICS INDUSTRY IN THE MANAUS INDUSTRIAL PARK

ABSTRACT: *The pursuit of continuous improvement and the development of activities in an industry are principles that guide the direction of the business model. In an industry in the Manaus Industrial Hub, the quest for continuous improvement is a principle for the development of processes and its employees. The study presented develops research on ergonomic application, evaluating the employee's activity, their tools, and the possible impacts that this operation may have on their health and well-being. From the ergonomic analysis of the operator's activity at a repair station for JIGs used in the assembly of LCD (Liquid Crystal Display) panels, the data collected showed that the employee was subject to a physical risk while performing the manual lifting of a JIG weighing 65 kg. The proposed project aims to develop mechanisms to eliminate manual load lifting, reduce productivity losses, and provide the employee with a comfortable work environment. A pneumatic system was developed for the removal of the JIG, eliminating the need for manual labor. The repair operation after the implementation of the mechanism reduced productivity losses and provided the operator with a more efficient workstation free from health risks.*

KEYWORDS: ERGONOMICS, NIOSH, CONTINUOUS IMPROVEMENT, ELETROELETRONICS INDUSTRIES

1. INTRODUÇÃO

Com frequência há relatos de trabalhadores se queixando de dores e desconfortos nas costas. É relatado na bibliografia que 70 a 80% da população apresenta algum sintoma de lombalgia durante a vida (Marras, 2000; Quinn, 2002). Fatores de riscos ocupacionais, ou seja, atividade do trabalho, são apontados como causas de lombalgia e o levantamento manual de carga está entre os maiores fatores causador de distúrbios, sendo um importante problema de saúde ocupacional nos países industrializados, resultando em afastamentos do trabalho (Kerr *et al.* 2001).

A Ergonomia faz o estudo da relação entre as pessoas e o desenvolvimento das tecnologias implantadas no ambiente de trabalho e como essa relação impacta na saúde e bem-estar do trabalhador (IIDA, 2005).

A partir da análise de uma atividade de levantamento manual de carga, foi proposta a aplicação do método desenvolvido pelo National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH. Em 1981 o National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH, desenvolveu uma equação com o objetivo de avaliar o manuseio de cargas e diagnosticar os riscos osteomusculares a que os trabalhadores são submetidos. Esta equação foi atualizada em 1991 e novos fatores foram incluídos para considerar o grau em que o movimento com a carga manipulada variava fora do plano médio-sagital do corpo, ou seja, a linha da coluna vertebral do trabalhador. Estudos que envolvem forças de levantamento de carga descrevem o multiplicador de assimetria, levantamento isométrico, análise biomecânica, estática tridimensional de assimetria de carga e a recomendação do comitê de especialista (Waters *et al.* 1993; Dempsey e Fathallah, 1999).

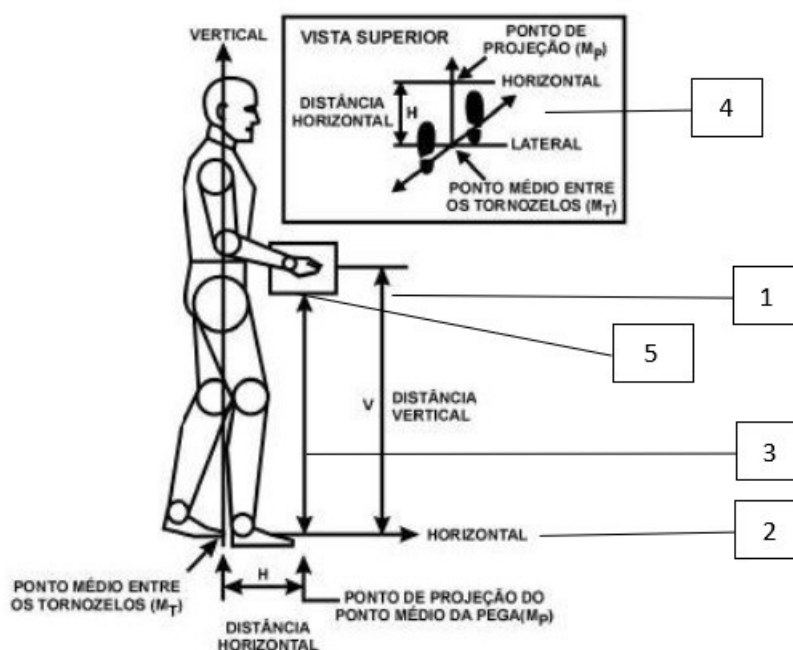
Na bibliografia o método NIOSH sofreu uma revisão em 1991, onde o item assimetria é utilizado para a determinação do conjunto a ser observado. O multiplicador de assimetria na Equação de Levantamento revisada do método NIOSH não é definido com base em estudos biomecânicos, sendo ele derivado de investigações psicofísicas como o trabalho de Garg e Badger (1986), e Mital e Fard (1986), que são baseada em julgamentos subjetivos e individualizados de níveis de tolerância.

A legislação brasileira, por meio da Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT) no artigo 198, estipula que o limite máximo de levantamento de carga é 60 kg, porém, este valor não é recomendado para uma jornada de trabalho cotidiana, já que a movimentação manual de cargas é uma atividade geradora de risco. O método NIOSH estabeleceu que, para uma situação de trabalho qualquer, existe um Limite de Peso Recomendado (LPR), que após ser calculado é relacionada com a carga real levantada, resultando no Índice de Levantamento (IL). Waters e Colaboradores (1993), há uma relação direta entre o IL e o risco de lombalgia. De acordo com Garg (1995) um IL abaixo de (01) a tarefa é considerada segura, com o índice acima de (01) a atividade pode apresentar risco para alguns trabalhadores e a medida que o índice aumenta, o risco aumenta.

No estudo de Waters (1994), o NIOSH define alguns padrões adequados à atividade de levantamento de carga, tais como: distância vertical da carga (1), distância horizontal à carga (2), altura da carga com relação ao chão (3), assimetria (4), pega e peso da carga (5), os padrões definidos são descritos abaixo e ilustrado na Figura 1.

O peso limite de 23 kg segundo Waters (1993) é o peso limite recomendado para a mais de 90% dos homens e 75% das mulheres levantar sem risco à saúde. A Figura 1 mostra alguns padrões.

Figura 1. Representação gráfica das variáveis Horizontal e Vertical.



Fonte: Adaptado de Teixeira (2004).

Em uma indústria do polo industrial de Manaus a busca contínua de melhorias é um princípio fundamental para o desenvolvimento da indústria e seus colaboradores, e programas de melhorias são realizados para viabilizar a aplicação de diversos projetos. Neste contexto, foi realizado em um posto de reparo um estudo ergonômico, análise da ergonomia do trabalho realizado pelo colaborador. Neste posto é realizado o reparo dos JIG'S que são utilizados para auxílio na montagem de painéis de televisores LCD (Liquid Crystal Display ou Tela de Cristal Líquido, em português). Um JIG é um dispositivo ou ferramenta para auxiliar na montagem ou testes no processo produtivo.

Para dar início as atividades, foi avaliado o ambiente em que a atividade é realizada e o levantamentos de dados para desenvolver o projeto de melhoria. O objetivo é reduzir as perdas de produtividade, perdas de recursos materiais e de mão de obra e eliminar os riscos físicos que o operador está exposto na sua atividade de trabalho. Foi realizada uma avaliação do perfil ergonômico

da atividade e as ferramentas que poderiam ser aplicadas para dar suporte a atividade do operador. O operador foi consultado a respeito da rotina de trabalho no posto de reparo com objetivo de avaliar suas dificuldade e sugestões para tornar seu trabalho mais eficiente e confortável.

O estudo utilizará o KINOVEA, um software de plataforma gratuito que auxilia na análise de movimentos em duas dimensões para computadores, possibilitando medição de parâmetros cinemáticos. O KINOVEA permite, análise de vídeos sem marcadores, porém o uso de marcadores melhora sua confiabilidade na precisão dos resultados.

O Kinovea tem sido aplicado por vários autores para analisar corridas ou saltos verticais (Bertelsen *et al.* 2012). Foi publicado um estudo que investigou a confiabilidade na detecção das posições das articulações do quadril e do joelho na fase de contato inicial durante a corrida (Damsted *et al.* 2015).

O software é aplicado por outros autores para análise de amplitude do movimento da coluna cervical no plano sagital ou obter a cinemática da articulação do pulso, por exemplo Mathew *et al.* (2017) usaram o Kinovea para estudos como adultos mais velhos os ângulos articulares do tornozelo, joelhos e quadril em diferentes fases do ciclo da marcha, onde é observada assimetrias cinemáticas nos padrões da marcha.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho apresentado busca atender três requisitos principais. O primeiro requisito visa desenvolver seus processos de produção, reduzindo as perdas de produtividade. O segundo requisito do programa de melhoria atende a necessidade de redução ou eliminar as perdas de recursos materiais e de mão de obra. O terceiro requisito tem como objetivo humanizar as atividades dos trabalhadores, proporcionar conforto físico e reduzir ou eliminar riscos de acidentes de trabalho, seguindo os parâmetros técnicos do método ergonômico aplicado.

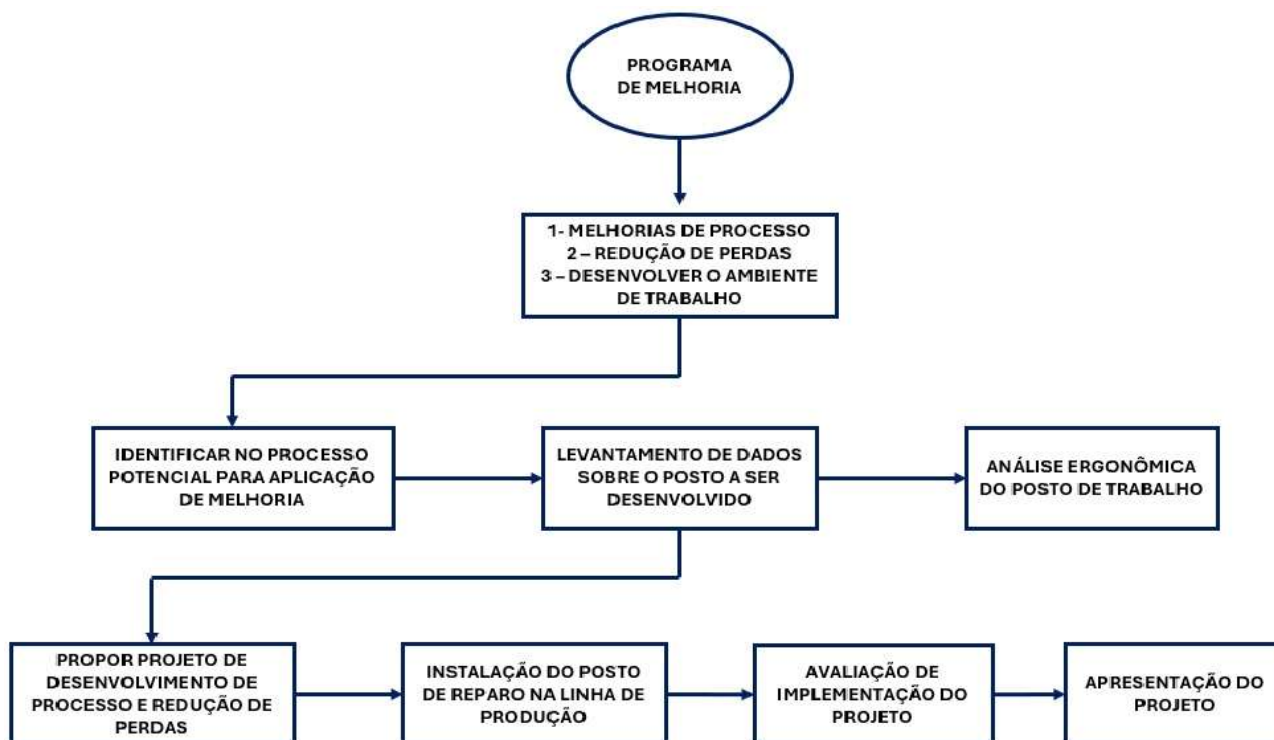
Foi desenvolvido um fluxograma de ações a ser seguido pelo projeto, e apresentar aos gestores. Seguindo com a autorização para o projeto a Figura 2 mostra os passos a serem seguidos.

2.1. Identificar no processo potencial para aplicação de melhoria

Para dar início ao projeto foi definido o posto de trabalho a ser aplicado a melhoria. O posto de reparo de JIG foi definido para o desenvolvimento da melhoria. A escolha deste posto foi feita após uma avaliação do processo de produção. Neste posto, a atividade de reparo de JIG gerava perdas de produtividade, além disso os responsáveis pela produção relataram problemas neste posto, tais como, paradas de linha, que são paradas de processo para correção ou retiradas de defeitos, perdas de materiais e necessidade de aumento de efetivo de pessoal para apoio ao

operador do reparo. A partir desta definição, foi realizado um estudo do posto para avaliar a necessidade de melhorias.

FIGURA 2. Fluxograma de desenvolvimento do Projeto de Melhoria.



Fonte: Autor (2024).

2.2. Levantamento de dados sobre o posto a ser desenvolvido

O posto de reparo é localizado no início da linha de produção. Durante o processo de produção se o JIG apresenta falha ele é identificado com uma placa, esta identificação ajuda o operador a visualizar o JIG com defeito, ao retornar pela esteira transportadora o operador solicita a parada do processo.

Com o processo parado, e com a ajuda de outro operador, realiza-se a remoção manual do JIG, colocando este no carro para levar até o posto de reparo. Após o reparo, o operador sinaliza ao líder de linha para repor o JIG ao processo, então, com a ajuda de outro operador o JIG é a recolocado no processo.

Nesta atividade, foram identificados pontos de riscos ao operador, como risco de esmagamento de membros, pois o JIG não tem alças para pegada, a linha precisa ser parada além do peso do jig de 65 kg (Figura 3). Foram identificados pontos de melhoria do processo, como a parada

de linha para remoção e reposição do JIG, com perdas da ordem 60 segundos, o que causava um impacto significativo na produção ao fim do dia.

FIGURA 3. Foto da linha com os JIG’S.



Fonte: Autor (2024).

2.3. Análise ergonômica do posto de trabalho

O projeto de melhoria parte para o passo seguinte, avaliação ergonômica da atividade do operador.

A hipótese levantada foi que operador estava exposto a riscos físicos tais como, esmagamento das mãos, em caso de falha na parada de processo e ao fazer levantamento do jig, e risco de desenvolver problemas de coluna em resultado de postura e carga elevada para remoção do dispositivo.

Ao realizar o levantamento das necessidades dos postos de reparo, o colaborador descreveu como ele desenvolve sua atividade que inclui remover o JIG do processo de forma manual com ajuda de um outro colaborador.

Na Figura 4 observa-se as etapas de em três momentos para remoção do JIG da linha de produção, remoção com a linha parada, o deslocamento e a colocação do dispositivo no carro de reparo.

A avaliação da Ergonomia do posto de trabalho começa com a coleta de dados e informações da rotina de trabalho neste posto. A média de defeitos, reparos de JIG’S, eram de 8 defeitos diários ao longo da jornada de trabalho diária, então a cada 1 hora o operador reparava um dispositivo. O método NIOSH seria aplicado para a análise dos possíveis riscos da atividade.

FIGURA 4. Sequência de remoção do jig do Processo para reparo.



Fonte: Autor (2024).

A equação do método NIOSH é composta do Limite de Peso Recomendado (LPR) Equação 1.

$$LPR = Cc \times FDH \times FAV \times FDV \times FA \times FF \times FQP \quad (1)$$

Cada item expressa um coeficiente que serve para reduzir a constante de carga, resultando no limite máximo de peso recomendado a ser manuseado em condições ideais.

A partir do LPR obtém-se o Índice de Levantamento de Carga (IL). Fazendo-se a relação do índice com o peso real da carga levantada.

$$IL = LPR / PC \quad (2)$$

Para realizar as medidas para aplicação do método, foram utilizadas trenas. Foi utilizado um cronômetro para tomada de tempo da atividade do operador e do processo produtivo.

Foi utilizado o KINOVEA, para fazer a análise dos movimentos do operador. Foi realizada uma simulação da atividade, para tomada de medidas a ser aplicada na equação do método.

3. RESULTADOS

Inicialmente avaliamos os dados obtido do processo, dimensionar as perdas e apresentar soluções que melhorem a operação e em resultado aumentar a produtividade. Analisamos a atividade do operador e os relatórios de falhas e reparos.

A Tabela 1 mostra que uma em num período de seis dias ocorriam em média 8 falhas, o tempo médio que a parada para remoção do JIG do processo e após feito o reparo e devolvido ao processo era de 60 segundos. Ao final de uma jornada de trabalho causava uma perda de 480 segundos e em

6 dias em média as perdas totalizavam 2880 segundos. Era preciso propor uma solução para reduzir as perdas de produção.

TABELA 1. Levantamento de falhas com as perdas.

DIA	1	2	3	4	5	6	TOTAL
FALHAS	8	6	10	6	7	11	48
PERDAS (s)	480	360	600	360	420	660	2880

Fonte: Autor (2024).

Ao realizar o levantamento das necessidades dos postos de reparo, o colaborador descreveu como ele desenvolve sua atividade que inclui remover o JIG do processo de forma manual com ajuda de um outro colaborador. A remoção do JIG feita de forma manual envolve o levantamento de carga o que exige a aplicação de esforço físico, pois este JIG é fabricado de liga de alumínio com peso de 65kg, e de acordo com relato do colaborador, provoca desconfortos físicos, dada a carga que esta atividade envolve.

Neste posto, o colaborador realiza o reparo dos JIG’S utilizados no processo de produção. Quando é necessário reparar um JIG com defeito, este é identificado com uma placa de defeito e o líder comunica via rádio que há um JIG com defeito no processo.

Quando o JIG está no posto para remoção, é acionada uma chave para parada de processo e então com a esteira parada dois operadores removem da esteira o dispositivo e levam até o carro que está a uma distância de 100 cm da linha de produção, então o processo é retomado.

Para repor o JIG já reparado, segue-se a sequência inversa. Na linha de produção, não há um posto dedicado para essa operação, era preciso que os operadores fossem removidos de seus postos para abrir espaço e retirar ou repor o JIG.

Para aplicação da equação NIOSH, Equação 1, foram levantados os dados para o cálculo do Limite de Peso Recomendado (LPR) e o Índice de Levantamento (IL):

1 – Fator Distância Horizontal (FDH): é a distância em centímetros entre o ponto médio dos tornozelos até a mão do trabalhador.

A aplicação da equação NIOSH apresenta limites para a distância horizontal (H). O valor mínimo de H corresponde a 25cm e em caso de valores menores o fator se mantém em 1.

O fator de distância horizontal é obtido da fórmula $HM = 25/H$, o H é medido em centímetros. No nosso estudo, obtemos uma distância horizontal de 60 cm, portanto o FHD será igual a 0,416.

Na Figura 5 é apresentada a forma aplicada para medição da distância horizontal.

FIGURA 5. Distância horizontal.



Fonte: Autor (2024).

2 – Fator Altura Vertical (FAV): Fator de Altura Vertical (FAV) é a distância entre o as mãos, ao segurar o objeto levantado e o chão. Obtemos uma distância vertical de 100 cm como distância vertical. Aplicando a fórmula da distância vertical: $FAV = 1 - (0,003 \times [100 - 25])$, assim o valor obtido foi $FAV = 0,925$.

A Figura 6 mostra a altura da esteira transportadora em que o JIG opera. Com o uso de uma escala metálica a medida da altura vertical medida é 87 cm, para a remoção do jig da esteira os operadores elevam o jig a uma altura de 100 cm a partir do chão, para evitar esmagamento das mãos na estrutura lateral da esteira.

FIGURA 6. Levantamento vertical.



Fonte: Autor (2024).

3 – Fator Distância Vertical Percorrida (FDVP): é a distância vertical percorrida do início do levantamento até o término da ação. É obtido na subtração do V onde a carga é apanhada até o final do carregamento. O valor mínimo para D para aplicação da equação NIOSH corresponde a 25 cm, para valores inferiores a este limite, o D será 1. Para o valor acima do valor máximo de 175cm o D será 0. Obtemos nossa medida de $D = 13$ cm. A fórmula para Distância Vertical Percorrida é: $FDVP = (0,82 + 4,5/D)$

O resultado que obtemos de D é menor que 25 cm, logo nosso FDVP = 1. A Figura 7 mostra ilustração da esteira com jig para ser removido e ao lado o carro de transporte, as fotos mostram o início do deslocamento da carga e o final do movimento, onde o jig é colocado sobre o carro.

FIGURA 7. Deslocamento vertical da carga.



Fonte: Autor (2024).

4 – Fator rotação lateral do Tronco (FRLT): é o ângulo de rotação tronco do operador ao realizar o levantamento de carga. Este fator é levado em consideração para avaliar o impacto da atividade, pois a carga é manipulada enquanto o colaborador faz rotação do tronco. Figura 8 mostra os exemplos deste movimento.

FIGURA 8. Ângulo de Torção.



Fonte: Autor (2024).

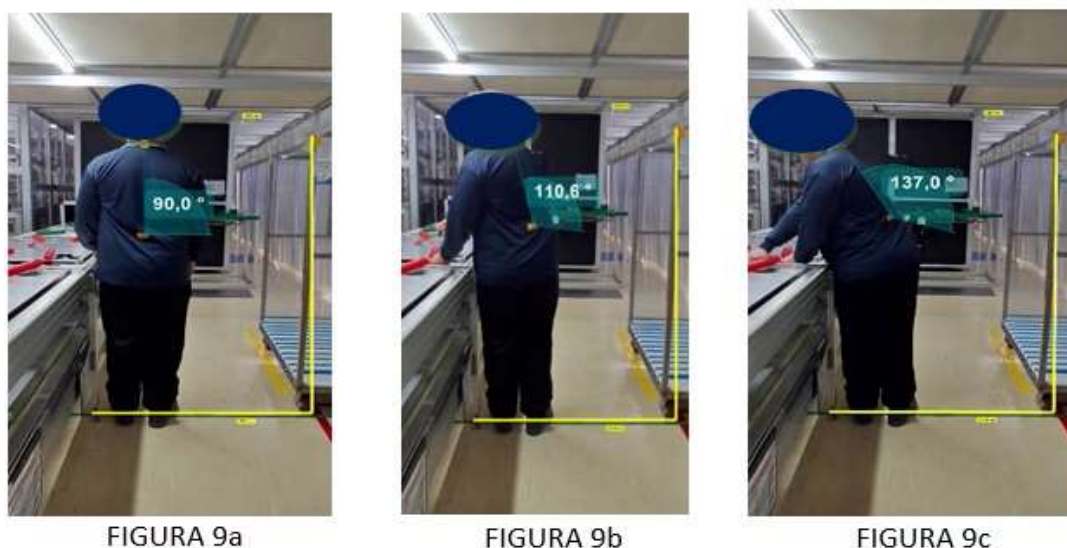
Os exemplos mostrados na Figura 8 são apenas ilustrativos com relação ao ângulo de rotação do tronco. Para a obtenção deste ângulo foi utilizado o software Kinovea, devido a complexidade envolvida para a determinação deste dado, o software apresenta resultado robustos para aplicação da equação do método.

A análise do movimento foi feita com o processo parado, já que não foi possível fazer esta medição com o processo produtivo em andamento, por questões de resultados de produção e por segurança da informação do ambiente fabril. Uma outra dificuldade foi na obtenção de um operador

para a simulação, por isso na avaliação do movimento somente um operador participa da simulação do movimento.

Para iniciar a simulação foram usados marcadores na roupa do operador e marcação no piso com uma fita para referenciar o software. Na Figura 9 são apresentadas as etapas da simulação de levantamento de carga feita pelo software, foi feito um vídeo da atividade, foram cortadas três etapas do movimento. No início da simulação foram marcados os pontos de referência e foi obtido 90º (graus) entre uma referência horizontal e a linha sagital, ou seja, o eixo da coluna vertebral do operador Figura 9(A). Foi feito um corte no movimento intermediário, entre o início e o ponto até o momento em que o operador faz a pegada do jig Figura 9(B). O momento da pegada do jig pelo operador é mostrado na Figura 9(C).

FIGURA 9. Simulação do movimento de torção para remoção do jig.



Fonte: Autor (2024).

O ângulo de inclinação obtido foi de 137º graus entre a linha horizontal e inclinação da coluna do operador, portanto, o ângulo de inclinação obtido é de 47º em relação ao ponto de partida. Aplicando a fórmula do fator de rotação lateral do tronco: $FRLT = 1 - (0,032 \times 47)$, aplicando medição temos $FRLT = 0,85$.

5 – Fator Frequência de Levantamento (FFL): é a quantidade de levantamentos realizada num período de 1 minuto, o tempo de duração desta atividade e a distância vertical no início do levantamento ao piso.

De acordo com o levantamento feito das falhas de no processo, em média eram 8 falhas diárias, o que equivalia a 1 falha por hora, logo temos 1 levantamento/ 60 minutos igual a 0,0166. Para definição foi usada a Tabela 2 abaixo.

Seguindo a Tabela 2 temos o Fator de Frequência (FFL) igual a 1,0.

TABELA 2. Multiplicador de frequência.

Frequência Carga/min (F)	DURAÇÃO DO TRABALHO					
	<= 1 Hora		> 1 e <= 2 horas		> 2 e <= 8 horas	
	V < 75	V >= 75	V < 75	V >= 75	V < 75	V >= 75
<= 0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
>15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Waters *et al.* (1994).

6 – Fator de qualidade de Pega ou Acoplamento (FQPC): é fator que quantifica a qualidade da pegada da carga, ou seja, o local onde o colaborador segura o objeto a ser levantado. Este é classificado em três categorias: boa, razoável ou pobre. A distância vertical também é levada em consideração. Os dados levantados para esta atividade foram:

- Qualidade da pega = pobre
- Distância vertical = 100 cm

A definição do Fator de qualidade da pega é definida a partir da Tabela 3.

Com os dados obtidos e aplicando a Tabela 3 no Fator de Qualidade da pega é igual a 0,9.

O estudo para aplicação de melhoria do posto de trabalho passou para o passo seguinte, que foi avaliar os dados obtidos e com os resultados propor o projeto de melhoria.

TABELA 3. Fator de Acoplamento.

QUALIDADE DA PEGA	MULTIPLICADOR DA PEGA (cm)	
	V < 75 cm	V ≥ 75 cm
Boa	1	1
Razoável	0,95	1
Pobre	0,9	0,9

Fonte: Waters *et al.* (1994).

Os resultados obtidos pela aplicação do método NIOSH no posto de reparo são apresentados a seguir:

FDH (Fator Distância Horizontal) = 0,42;
FAV (Fator Altura Vertical) = 0,925;
FDVP (Fator Distância Vertical Percorrida) = 1;
FRLT (Fator Rotação Lateral do Tronco) = 0,85;
FFL (Fator Frequência Levantamento) = 1;
FQPC (Fator Qualidade Pega) = 0,9;
CC (Constante de Carga) = 23kg

O Limite de Peso Recomendado (LPR) da equação do método NIOSH é obtido com a aplicação da Fórmula 1.

O Limite de Peso Recomendado é: 6,835.

Calculando o Índice de Levantamento - razão entre a peso real da carga levantada e o limite de peso recomendado: IL = 9,5.

De acordo com a Tabela 4 abaixo, com o IL = 9,5 nos mostra que o posto apresenta risco ao trabalhador.

Tabela 4. Risco de Lesão.

IL menor que 1	Condição segura	Chance mínima de lesão
IL entre 1 e 2	Condição intermediária	Médio risco de lesão
IL acima de 3	Condição insegura	Alto risco de lesão

Fonte: Waters *et al.* (1994).

Os dados obtidos são correspondentes a um colaborador, porém, dois operadores executam a atividade de remoção do JIG. Foi adotado para o projeto que a operação dos trabalhadores é equivalente, portanto, adotamos o índice de levantamento de carga: $IL = 4,75$.

Pela Tabela 4, a atividade no posto de reparo apresenta alto risco de lesão ao operador.

3.1. Proposta de projeto e instalação do projeto

Propomos modificar o posto de trabalho, aplicando um sistema automático para a remoção do JIG, este sistema é acionado por um comando por chave seletora. O sistema inclui também uma base com roldanas que ao ser acionada eleva o JIG acima da borda da esteira transportadora. O operador aciona o comando e o JIG é elevado, logo após, o operador desliza o JIG para lateral da esteira até a mesa de reparo. A Figura 10 mostra o posto de reparo montado na lateral da esteira transportadora e o comando de acionamento para retirada do JIG do processo para realizar o reparo.

FIGURA 10. Posto de Reparo montado ao lado da esteira transportadora.



Fonte: Autor (2024).

A Figura 11 mostra o operador removendo o JIG da esteira transportadora, nota-se que o dispositivo é levantado por um sistema pneumático e então o operador desliza o JIG até a mesa de reparo.

FIGURA 11. Remoção do JIG da esteira transportadora.



Fonte: Autor (2024).

A Figura 12 mostra o JIG sobre a mesa de reparo onde operador realiza os devidos reparos para devolver ao processo.

FIGURA 12. Mesa de reparo.



Fonte: Autor (2024).

3.2. Avaliação e apresentação

Após a implementação das modificações foi realizada pela Engenharia de Processo uma avaliação do projeto. Foi feita a tomada de tempo para remover e repor o JIG para o processo, o tempo médio da operação foi de 9 segundos para retirar e 9 segundos para repor.

Seguindo o fluxograma do projeto, após a implantação do projeto, é realizada uma avaliação do projeto. Com a implantação do projeto houve uma redução das perdas de processo. O tempo de parada de linha reduziu de 60 segundos para 18 segundos, com percentual de 30 % de redução. Outra melhoria está relacionada a redução de efetivo de mão de obra, apenas um operador é capaz de realizar o reparo, onde eram necessários dois operadores.

Outro ponto de melhora foi a redução de falhas. Com o desenvolvimento do posto de reparo foi possível implantar um plano de manutenção preventiva dos JIGs, o que reduziu o índice de defeitos em 50%. Os riscos de lesão ao operador foram eliminados, a atividade de levantamento de carga foi eliminada do processo de reparo.

4. CONCLUSÕES

O trabalho de pesquisa realizado numa grande indústria do polo industrial de Manaus se propôs a desenvolver um projeto de melhoria de processo seguindo o programa de melhoria contínua da empresa. O programa de melhoria tem como objetivo desenvolver os processos produtivos, redução de material e desenvolvimento da atividade dos colaboradores.

O estudo mostrou que no processo em que seria desenvolvido o projeto, havia uma atividade de levantamento manual de carga. O levantamento manual carga é uma atividade considerada

inadequada para ergonomia, já que esta pode apresentar riscos físicos ao trabalhador, podendo causar problemas nas articulações e coluna vertebral, com possibilidade de incapacitar o trabalhador para exercer sua atividade e impactando também na sua vida social.

As indústrias têm investido em mecanização e automação nos seus processos, o que reduz os riscos físicos aos trabalhadores, proporcionando a estes uma atividade mais confortável. Neste trabalho foi aplicado o projeto proposto para melhoria que atenderia aos requisitos de processo, reduzindo paradas de linha e perdas de material. O projeto atendeu ao requisito de desenvolvimento da atividade do trabalhador, o estudo ergonômico do trabalho demonstrou um alto risco físico que o trabalhador estava exposto.

Um projeto Ergonômico desta natureza anda em conformidade com os interesses da empresa, do colaborador, e da sociedade em que ambos estão inseridos. No contexto geral este trabalhador, ao final da sua jornada de trabalho retorna para sua família, para o convívio da sociedade, logo, sua saúde física e mental precisa estar em equilíbrio.

Com aplicação da melhoria foi eliminada a atividade de levantamento de carga, protegendo a integridade física do trabalhador, melhorando sua atividade de reparo. O trabalhador tem um posto confortável e satisfatório.

Este estudo proporcionou o desenvolvimento de conhecimento científico e os métodos para aplicação deste, aproximando o aprendizado acadêmico com o ambiente fabril. A aplicação do método NIOSH demonstrou como a ciência deve atender as necessidades da sociedade, já que ao desenvolver uma determinada atividade, proporciona-se ao ser humano proteção da saúde física, e sua interação com a sociedade.

A indústria recebe um retorno significativo em resultado de seguir em busca de melhorias na sua planta fabril, não apenas em resultados de produtividade, mas também em resultados de satisfação de seus colaboradores.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer inicialmente ao nosso criador Jeová pela vida, saúde e capacidade para realização deste trabalho.

Quero agradecer ao Instituto Federal de Educação e Ensino do Amazonas pela contribuição com a formação de conhecimento e desenvolvimento acadêmico.

Agradeço a minha família por seu apoio, dedicação nos momentos mais difíceis.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis por este trabalho.

REFERÊNCIAS

- ARJMAND, N., PLAMONDON, A., SHIRAZI-ADL, A., LARIVIÈRE, C., PARNIANPOUR, M. Predictive Equations to Estimate Spinal Loads in Symmetric Lifting tasks. *J. Biomech*, v. 44, p. 84–91, 2011.
- BERTELSEN, M.L.; JENSEN, J.F.; NIELSEN, M.H.; NIELSEN, R.O.; RASMUSSEN, S. Foot strike pattern among novice runners wearing a conventional, neutral running shoe. *Gait & Posture*, v.38, p. 354–356, 2012.
- DAMSTED, C.; LARSEN, L.H.; NIELSEN, R.O. Reliability of video-based identification of footstrike pattern and video time frame at initial contact in recreational runners. *Gait & Posture*, v. 42, p. 32–35, 2015.
- DEMPSEY, P. G., FATHALLAH, F. A., Application issues and theoretical concerns regarding the 1991 NIOSH equation asymmetry multiplier. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 23, p. 181–191, 1999.
- GARG, A. Revised NIOSH Equation for Manual Lifting: a Method for Job Evaluation. *AAOHN Journal*, v. 43, n. 4, p. 211-216, 1995.
- GARG, A. BADGER, D. Maximum acceptable weights and maximum voluntary isometric strengths for asymmetric lifting. *Ergonomics* v. 29, p. 879–892, 1986.
- GRANATA, K. P.; MARRAS, W. S. An EMG-assisted model of loads on the lumbar spine during asymmetric trunk extensions. *Journal of biomechanics*, v. 26, n. 12, p. 1429-1438, 1993.
- IIDA, I. Ergonomia: projeto e produção. Edgard Blucher, 2.ed., São Paulo, 2005.
- MARRAS, W. S. Occupational low back disorder causation and control. *Ergonomics*, v.43, n.7, p. 880-902, 2000.
- MARRAS, W.S., DAVIS, K.G. Spine loading during asymmetric lifting using one versus two hands. *Ergonomics*, v. 41, p. 817–834, 1998.
- MATHEW, J.; VANLALPEKI, T.; NAIR, G.G. Gait evaluation of institutionalized elders. a feasibility study. *Indian J. Gerontol*, v. 31, 71–83, 2017.
- MCGILL, S.M., NORMAN, R.W., CHOLEWICKI, J. A simple polynomial that predicts low-back compression during complex 3-D task. *Ergonomics*, v. 39, p. 1107-1118, 1996.
- MCGILL, S.M., 1991. Kinetic potential of the lumbar trunk musculature about three orthogonal orthopaedic axes in extreme postures. *Spine* 16, 809–815.
- MITAL, A., FARD, H.F. Psychophysical and physiological responses to lifting symmetrical and asymmetric loads symmetrically and asymmetrically. *Ergonomics*, v. 29, p. 1263–1272, 1986.
- QUINN, P. R. Returning to work after disability. *Employee Benefits Journal*, v.27, n.2, p.13-17, 2002.

KERR, M.S.; FRANK, J.W.; SHANNON, H.S.; NORMAN, R.W.; WELLS, R.P.; NEUMANN, W.P.; BOMBARDIER, C. Biomechanical and psychosocial risk factors for low back pain at work. *American Journal of Public Health*, v. 91, n. 7, p. 1069-1075, 2001.

WATERS, T.R., PUTZ-ANDERSON, V., GARG, A., FINE, L. J., "Revised NIOSH Equation for the Design and Evaluation of Manual Lifting Tasks". *Ergonomics* v. 36, p. 746-776, 1993.