

CAPÍTULO I - AUTOMAÇÃO DE UMA PRENSA EXCÊNTRICA MECÂNICA QUE MOLDA CUBOS PARA BICICLETA.

< ALESSANDRO PICCIRILLI >¹
< PAULO BRONIERA JUNIOR >²
< KATIELLY TAVARES DOS SANTOS >³

Resumo: A competitividade vem de encontro com a necessidade de aperfeiçoar produtos e processos produtivos, buscando alternativas que viabilizem custos e benefícios, sem comprometer a qualidade de seus produtos. Em empresas de manufatura, uma parte de grande importância no processo produtivo refere-se a operações de conformação mecânica, como processos de corte, dobramento, estampagem, entre outros, a tecnologia empregada no processo é um fator importantíssimo que refletirá em um diferencial no mercado, tratando-se de máquinas que executam processos de conformação mecânica, o trabalho tem como proposta automatizar uma prensa excêntrica mecânica. As prensas são máquinas feitas para o processo em estampagem, conformação ou corte em uma só batida. O trabalho foi desenvolvido através de um estudo de caso, para se realizar essa automação utilizou-se controlador lógico programável (CLP), relês contadores, sensores magnéticos, válvula e atuador pneumático. Como resultado da automação da prensa obteve-se melhoria na segurança dos operadores e aumento da qualidade dos produtos.

Palavras-chave: Prensa. Automação. Conformação. Cubo de Bicicleta.

Abstract: The Competitiveness comes against the need to improve products and productive processes, seeking alternatives that make possible costs and benefits, without compromising the quality of its products. In manufacturing

¹ Graduação – Tecnólogo em Fabricação Mecânica, da Faculdade de Tecnologia do Senai Londrina. E-mail: alessandro-piccirilli@outlook.com

² Mestre em Engenharia Elétrica, UEL. Docente de Graduação na Faculdade de Tecnologia do Senai Londrina. E-mail: paulo.broniera@pr.senai.br

³ Mestre em Ciência e Tecnologia de Materiais, Unesp-Bauru. Docente de Graduação na Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: katielly.santos@sistemafiep.org.br

companies, a part of great importance in the production process refers to operations of mechanical conformation, such as cutting, folding, stamping, among others, the technology employed in the process is a very important factor that will reflect in a differential in the market, In the case of machines that excute processes of mechanical conformation, the work intends to automate an eccentric mechanical press. The presses are machines made for the process in stamping, conformation or cut in a single beat. The work was developed through a case study; to perform this automation was used Logic Programmable Controller (CLP), relays, contactors, magnetic sensors, valve and pneumatic actuator. As a result of the automation of the press, it was possible to improve operator safety and increase product quality.

Key-words: Press, automation, conformation, bicycle cube.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia empregada no processo é um fator importantíssimo que refletirá em um diferencial no mercado. Tratando-se de máquinas que executam processos de conformação mecânica, neste trabalho terá como foco uma prensa.

São máquinas utilizadas na conformação e corte de materiais diversos, nas quais o movimento do martelo - punção, é proveniente de um sistema hidráulico ou pneumático - cilindro hidráulico ou pneumático, ou de um sistema mecânico, em que o movimento rotativo se transforma em linear por meio de sistemas de bielas, manivelas, conjunto de alavancas ou fusos. (NORMAS REGULAMENTADORAS, 2016).

A prensa mecânica excêntrica é de fundamental importância nas indústrias “geralmente se emprega para quase todas as operações de corte, alguns tipos de dobrado, embutido e algumas operações combinada de corte e embutido realizado em um só estampo” (FRANCO, 1993)

Porém é umas das máquinas mais perigosas, pois contém seu ciclo completo, sendo impossível a parada durante o processo de prensagem onde pode ocorrer acidentes de trabalho podendo resultar em um de seus membros amputado, pois no ato da prensagem as mãos do operador estarão livres devido ao acionamento ser efetuado utilizando os membros inferiores, sem contar que por se tratar de uma prensa antiga, está totalmente fora das normas de segurança estabelecida na NR12, como por exemplo, acionamento por

pedal mecânico, fechamento da ferramenta por alavanca, partes moveis descobertas etc.

Nesse sentido, um trabalho voltado para automação e normatização desta prensa, se justifica dado que a segurança do trabalhador nas indústrias hoje é uma das principais preocupações dos gestores.

Segundo a revista Corte e Conformação (2012, 32 p.), a maioria das empresas brasileiras estão dispostas a fazer investimentos e adquirir novas máquinas, buscando novas tecnologias em relação ao processo de fabricação de seus produtos.

Há um projeto executado em uma empresa situada na cidade de Londrina-PR, que desde sua fundação vem fabricando aros de bicicleta, com um espaço no mercado veio a oportunidade de fabricar cubos para bicicleta, onde foi comprado cerca de vinte máquinas usadas, sendo uma delas uma prensa excêntrica de oito toneladas que tem por função moldar os cubos.

Diante da necessidade do aumento da qualidade, de uma melhor segurança durante a execução do trabalho, buscou se a adaptação da máquina (prensa) tais como a retirada do acionamento por pedal, fechamento da ferramenta por alavanca, buscando garantir total integridade do operário. Assim o trabalho propõe automação de uma prensa a qual é constituída basicamente em eliminar todos os esforços excessivos da operação, garantindo a qualidade exigida pelo cliente, mais especificadamente será implementado um sistema de acionamento no qual o operador utilize seus membros superiores de tal maneira que não age a possibilidade de um acidente, por estar em local inapropriado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Automação: conceito e aplicações

Automação de acordo com Silveira (2007) é “o ato ou poder de exercer domínios, fiscalizar, um novo perfil para o trabalho e emprego de sua mão-de-obra, diante das opções de controle de um sistema automático”.

Antes nos processos de fabricação era necessária a utilização da força humana e animal para realização das etapas de determinados tarefas em específicos.

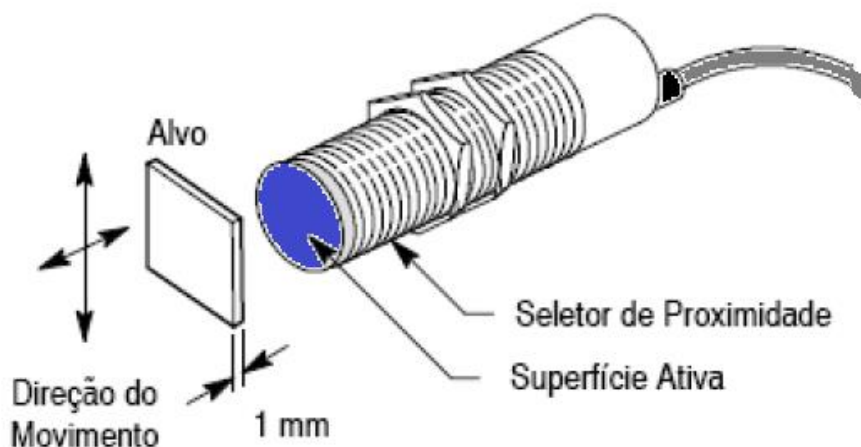
Hoje, na indústria, é possível que seja identificada sua aplicação em vários setores tais como: Área automobilística que atualmente existe linhas de montagem robotizadas, onde substitui todo processo manual de fabricação

devido à evolução dos componentes eletrônico, assim como o controlar logico programável (CLP).

2.1.1 Sensores

Segundo Thomazini (2010) os sensores são dispositivos que tem por função captar informações do processo, as quais podem ser luminosa, térmica, cinética ou que esteja relacionada a alguma grandeza onde precisa ser medidas, tais como temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição etc. Neste trabalho utilizaram-se apenas sensores de proximidade indutiva, que não necessitam de contato com algum objeto metálico o qual queira identificar quando esta próximo, segundo Thomazini (2010), esses tipos de sensores “utilizam um campo de freqüência de radio com um oscilador e uma bobina. A presença de um objeto altera esse campo e o circuito eletrônico do sensor pode descobrir a alteração”. A Figura 1 representa um sensor de proximidade indutivo.

Figura 1: Representação de um Sensor de Proximidade Indutivo



Fonte: Controle e Automação Industrial (2016)

2.1.2 Controladores

CLP (controlador lógico programável), é basicamente um computador, que, recebe sinais de vários sensores tais como, sensor fim de curso (o que determina um curso máximo ou mínimo de uma máquina) e

manda para os atuadores de acordo com a programação, feita atrás de um software.

Segundo a norma International Electro-technical Commission - IEC 61131-1 (1962) que em português significa comissão internacional eletrotécnica, onde estabelece um padrão de programação do CLP, o CLP é composto “por componentes eletrônicos e memória programável ou não programável, que contêm dados e programas com a finalidade de ler e executar instruções, interagindo com o sistema que deve controlada por dispositivos input e output do tipo digital ou analógico”.

A programação feita no CLP é a “seqüência específica de instruções selecionadas de um conjunto de opções oferecidas pelo CLP em uso e, que irão efetuar as ações de controle desejada, ativando ou não as memórias internas” (SILVEIRA, 2007). A figura 2 demonstra um modelo de CLP.

Figura 2: CLP CLIP02 da Weg



Fonte: Weg (2015)

2.1.3 Atuadores

Atuadores segundo Thomazini (2010,), “são dispositivos que modificam uma variável controlada. Recebem um sinal proveniente do controlador e agem no sistema controlado. Geralmente trabalham com potência elevada” dentro da classificação de atuadores, podemos citar como exemplo.

- Válvulas
- Reles

- Cilindros
- Motores

Nesta automação utilizaremos uma válvula pneumática 5/3 vias centro fechado, para acionar o cilindro dupla ação que por si vai fazer o acionamento da conformação, motor hidráulico que tem por função fechar o molde (ferramenta) e reles para ampliação de corrente.

2.2 Prensas

Máquinas que executam processos de conformação mecânica segundo a Norma Regulamentadora NR12 (2016):

“são máquinas utilizadas na conformação e corte de materiais diversos, nas quais o movimento do martelo - punção, é proveniente de um sistema hidráulico ou pneumático - cilindro hidráulico ou pneumático, ou de um sistema mecânico, em que o movimento rotativo se transforma em linear por meio de sistemas de bielas, manivelas, conjunto de alavancas ou fusos”.

- Prensa hidráulica

Segundo Franco (1993), “nesta prensa os movimentos são obtidos por acionamento hidráulico, ou mais propriamente óleo dinâmico ou também hidropneumático.” Utiliza-se de um óleo para acionar o cilindro e assim fazer a conformação, segundo Franco suas vantagens é “alta velocidade de trabalho, e autonomia, curso facilmente regulável, assim como a pressão e velocidade”.

- Prensa de fricção

Segundo Franco (1993), “este tipo de prensa é usado para estampagem em altas pressões. Indicada para cunhagem de moedas, placas artísticas e outros objetos similares”, os seus movimentos são obtidos por meio de transmissão mecânica.

- Prensa excêntrica

Segundo Franco (1993), “geralmente se empregam para quase todas as operações de corte, alguns tipos de dobrado, embutido realizado em só estampo”, os seus movimentos são obtidos por meio de transmissão mecânica. A figura 3 ilustra a prensa excêntrica mecânica.

Figura3: prensa excêntrica mecânica



Fonte: Maquele máquinas e reformas (2015)

3. METODOLOGIA

A pesquisa realizada tem como finalidade automatizar uma prensa excêntrica mecânica, bem como demonstrar os impactos da automação sobre o processo em que a mesma esta instalada.

A automação da prensa foi implementada em de um CLP o qual foi citado na seção 2 deste trabalho. O referido dispositivo terá como periféricos os contadores, pistão pneumático, bomba hidráulica, e todos os sensores instalados na máquina. De acordo com a produção e processo, uma das alternativas seria uma automação desta máquina (prensa excêntrica) seguindo as normas regulamentadoras de segurança (NR12), porém não esta 100% dentro dos requisitos da norma de segurança NR12, pois utilizou-se um reaproveitamento de componentes das máquinas já desabilitada (que não se encaixa na norma de segurança NR12), assim proporcionando segurança, com baixo custo.

Devido a características construtivas da máquina, a mesma exige esforços musculares significativos por parte dos operadores, assim sendo necessária a troca constante de operador.

3.1 Automação da prensa

Neste trabalho terá como foco uma prensa excêntrica mecânica que exerce uma pressão aproximadamente de 130 toneladas no martelo, da marca Ricetti, possui sua estrutura (corpo) em forma de “C”, sistema de engrenagens para redução e movida por um motor elétrico de 15 cv. A Figura 4 ilustra a prensa excêntrica utilizada neste trabalho antes do processo de automação.

Figura 4: prensa excêntrica mecânica do projeto antes da automação



Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme podemos observar na Figura 5, o acionamento da prensa para a conformação é feita através de um pedal mecânico no qual possui uma haste que aciona a trava de conformação. O mesmo foi eliminado após a automação. A Figura 5 ilustra a prensa excêntrica utilizada neste trabalho após a automação.

Figura 5: prensa excêntrica mecânica do projeto após a automação



Fonte: Elaborado pelo autor

Na figura 5 apresenta a prensa excêntrica automatizada já com a inclusão do conjunto da bomba hidráulica e com painel elétrico, porém esta faltando as proteções dos componentes móveis.

Para se realizar este trabalho foi utilizado um controlador lógico programável do fabricante Weg modelo TP02-60MR. Este CLP possui 36 entradas e 24 saídas de sinais analógicas. A Figura 6 ilustra o CLP utilizado no processo de automação apresentado neste trabalho.

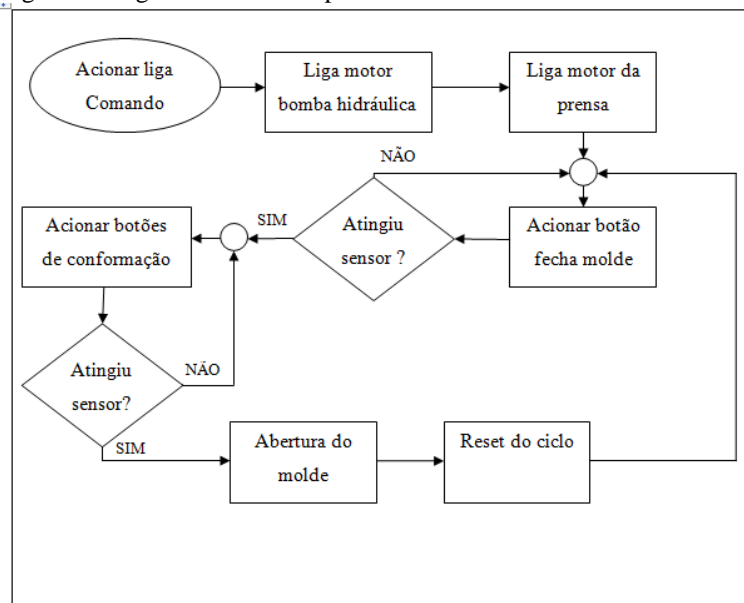
Figura 6: CLP Utilizado na Automação



Fonte: Elaborado pelo autor

Mais especificadamente, nele está implementado o algoritmo o qual controla a prensa. A Figura 7 ilustra um diagrama em blocos da prensa automatizada neste trabalho.

Figura 7: diagrama em blocos prensa excêntrica mecânica automatizada



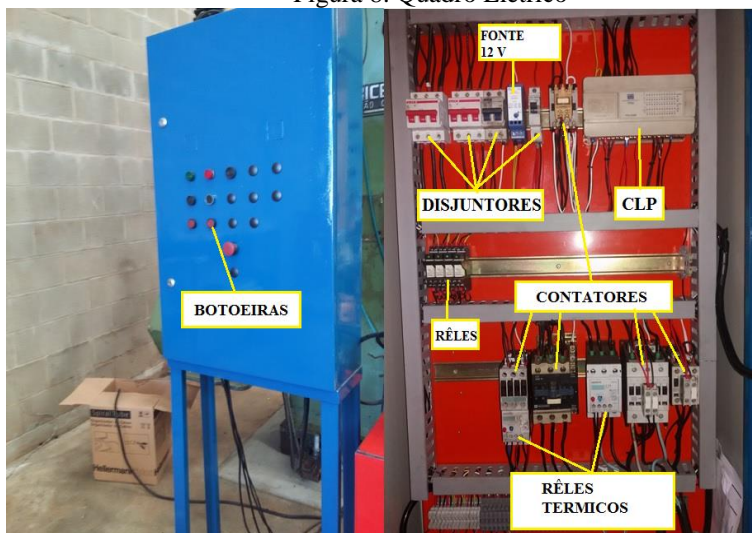
Fonte: Elaborado pelo autor

Para executar a operação deve ligar o comando, ligar o motor da prensa e o motor da bomba hidráulica, após o tempo do ciclo do acionamento dos motores, está disponível para o trabalho.

Foi implementado um painel de comando da operação contendo dois botões de acionamento e um de parada de emergência, acionando o botão do lado direito fecha-se a ferramenta, para acionar a prensagem deve pressionar os dois botão simultâneos como estabelece na NR12, assim inicia seu ciclo automático (conformação do cubo e em seguida abertura do molde para a retirada da peça conformada), caso seja necessário abrir o molde após ser fechado basta pressionar e segurar o botão do lado esquerdo.

O CLP, bem como os periféricos utilizados na automação, tais como sensores, contadores, relês, fusíveis e disjuntores foram acomodados em um painel auto-portante do tipo armário de comando e controle de baixa tensão. A Figura 8 ilustra o painel utilizado na automação da prensa excêntrica.

Figura 8: Quadro Elétrico



Fonte: Elaborado pelo autor

Os componentes utilizados no processo de automação os quais estão acomodados no quadro ilustrado pela Figura 8 são listados a seguir:

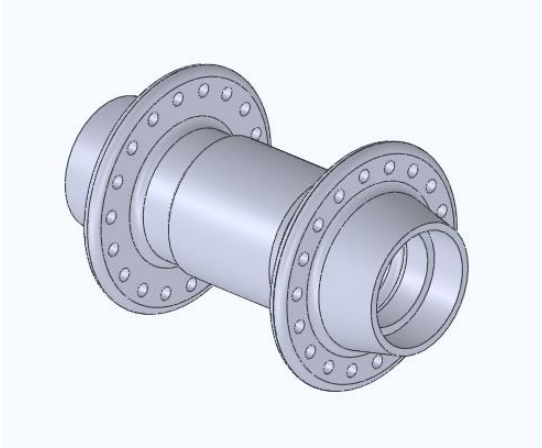
- Disjuntor trifásico 60 ampers para proteção do motor da prensa
- Disjuntor trifásico 50 ampers para proteção do motor da bomba hidráulica
- Disjuntor bifásico 10 ampers para proteção de comando
- Disjuntor monofásico 6 ampers para proteção 24 voltes
- Rêles para fazer a pilotagem das válvulas
- Contadores
- Reles térmico
- Botoeiras
- CLP

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Análise do processo

Um dos objetivos da automação é ter um padrão satisfatório nas medidas do cubo, a Figura 9, representa o cubo dianteiro através de um desenho, elaborado no programa SolidWorks.

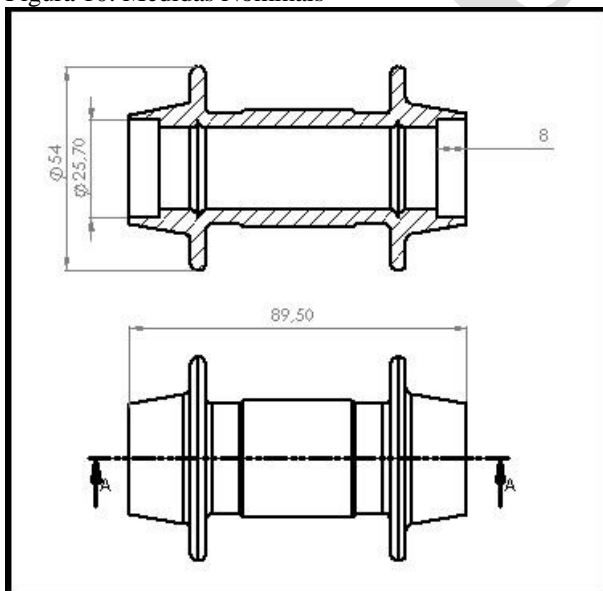
Figura 9: Desenho do Cubo Dianteiro, Elaborado no SolidWorks



Fonte: Elaborado pelo autor

As medidas nominais para fabricação do cubo são, comprimento (89,5 mm), profundidade do assentamento do rolamento (8 mm), diâmetro do assentamento (25,7 mm) e diâmetro do rolamento (54 mm). A Figura 10, representa as medidas nominais, tais medidas é de fundamental importante para passar para a próxima etapa do processo.

Figura 10: Medidas Nominiais



Fonte: Elaborado pelo autor

Na Tabela 1 constam de forma resumida as medidas nominais utilizadas para parametrizar o processo de fabricação dos cubos.

Tabela 1: Medidas Nominais

| Comprimento do cubo(mm) | Profundidade do assentamento do rolamento (mm) | Diâmetro do assentamento (mm) | Diâmetro do flange (mm) |
|-------------------------|--|-------------------------------|-------------------------|
| 89,5 | 8 | Ø25,7 | Ø54 |

Fonte: Elaborado pelo autor

Para validar o processo de automação realizado na prensa excêntrica mecânica foram analisados cinco cubos fabricados antes e depois da automação. A escolha dos cubos foi de forma sequencial durante a produção.

A tabela 2 apresenta um resumo das medidas obtidas nos cubos antes do processo de automação.

Tabela 2: Medidas Extraídas Antes da Automação

| Teste | Comprimento do cubo (mm) | Profundidade do assentamento do rolamento (mm) | Diâmetro do assentamento (mm) | Diâmetro do flange (mm) |
|------------------------|--------------------------|--|-------------------------------|-------------------------|
| 1° cubo | 88,7 | 8,1 | Ø25,8 | Ø57,1 |
| 2° cubo | 88,5 | 8 | Ø25,8 | Ø54,6 |
| 3° cubo | 89,0 | 8,3 | Ø25,8 | Ø58,0 |
| 4° cubo | 87,9 | 8,1 | Ø25,8 | Ø55,3 |
| 5° cubo | 89,3 | 8 | Ø25,8 | Ø54,4 |
| Media do desvio padrão | 0,42 | 0,08 | 0 | 1,62 |

Fonte: Elaborado pelo autor

Os dados obtidos nos cinco cubos antes a automação da prensa excêntrica mecânica foram:

- No cubo 1 foram obtidos um comprimento de 88,7 milímetro, uma profundidade de 8,1 milímetro, diâmetro do assentamento de 25,8 milímetro e no diâmetro do flange de 57,1 milímetro.
- No cubo 2 foram obtidos um comprimento de 88,5 milímetro, uma profundidade de 8 milímetro, diâmetro do assentamento de 25,8 milímetro e no diâmetro do flange de 54,6 milímetro.

- No cubo 3 foram obtidos um comprimento de 89,0 milímetro, uma profundidade de 8,3 milímetro, diâmetro do assentamento de 25,8 milímetro e no diâmetro do flange de 58,0 milímetro.
- No cubo 4 foram obtidos um comprimento de 87,9 milímetro, uma profundidade de 8 milímetro, diâmetro do assentamento de 25,8 milímetro e no diâmetro do flange de 55,3 milímetro.
- No cubo 5 foram obtidos um comprimento de 89,3 milímetro, uma profundidade de 8 milímetro, diâmetro do assentamento de 25,8 milímetro e no diâmetro do flange de 54,4 milímetro.

A tabela 3 apresenta um resumo das medidas obtidas em cinco cubos após a automação da prensa excêntrica mecânica .

Tabela 3: Medidas Extraídas Após a Automação

| Teste | Comprimento do cubo (mm) | Profundidade do assentamento do rolamento (mm) | Diâmetro do assentamento (mm) | Diâmetro do flange (mm) |
|------------------------|--------------------------|--|-------------------------------|-------------------------|
| 1º cubo | 89,4 | 8,1 | Ø25,8 | Ø54,1 |
| 2º cubo | 89,7 | 8 | Ø25,8 | Ø55 |
| 3º cubo | 89,3 | 8,1 | Ø25,8 | Ø54,8 |
| 4º cubo | 89,5 | 8 | Ø25,8 | Ø54,4 |
| 5º cubo | 89,4 | 8,2 | Ø25,8 | Ø54,7 |
| Media do desvio padrão | 0,12 | 0,08 | 0 | 0,6 |

Fonte: Elaborado pelo autor

Os dados obtidos nos cinco cubos após a automação da prensa excêntrica mecânica foram:

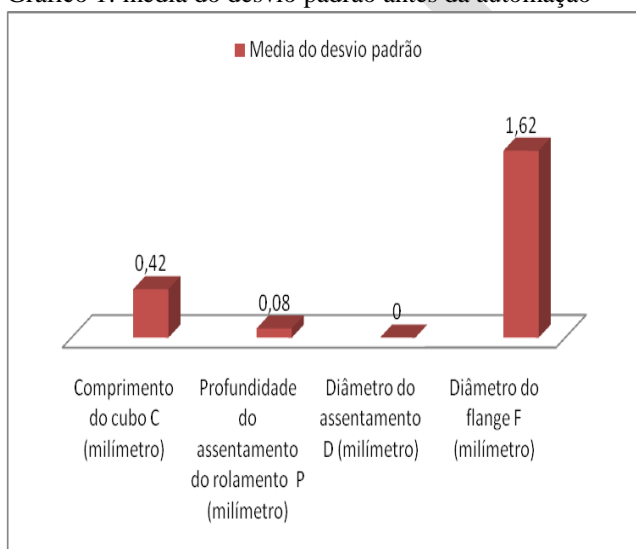
- No cubo 1 foram obtidos um comprimento de 89,4 milímetro, uma profundidade de 8,1 milímetro, diâmetro do assentamento de 25,8 milímetro e no diâmetro do flange de 54,1 milímetro.
- No cubo 2 foram obtidos um comprimento de 89,7 milímetro, uma profundidade de 8 milímetro, diâmetro do assentamento de 25,8 milímetro e no diâmetro do flange de 55 milímetro.

- No cubo 3 foram obtidos um comprimento de 89,3 milímetro, uma profundidade de 8,1 milímetro, diâmetro do assentamento de 25,8 milímetro e no diâmetro do flange de 54,8 milímetro.
- No cubo 4 foram obtidos um comprimento de 89,5 milímetro, uma profundidade de 8 milímetro, diâmetro do assentamento de 25,8 milímetro e no diâmetro do flange de 54,4 milímetro.
- No cubo 5 foram obtidos um comprimento de 89,4 milímetro, uma profundidade de 8,2 milímetro, diâmetro do assentamento de 25,8 milímetro e no diâmetro do flange de 54,7 milímetro.

4.2 Análise de qualidade

Conforme podemos observar nos resultados obtidos mostrado na tabela 2 e tabela 3, fica evidente a melhoria na qualidade após a automação, pois a mesma possui pouca variação, comparada com a antes da automação. Podemos observar esses resultados nos gráficos a seguir. O gráfico 1 mostra a média do desvio padrão antes da automação.

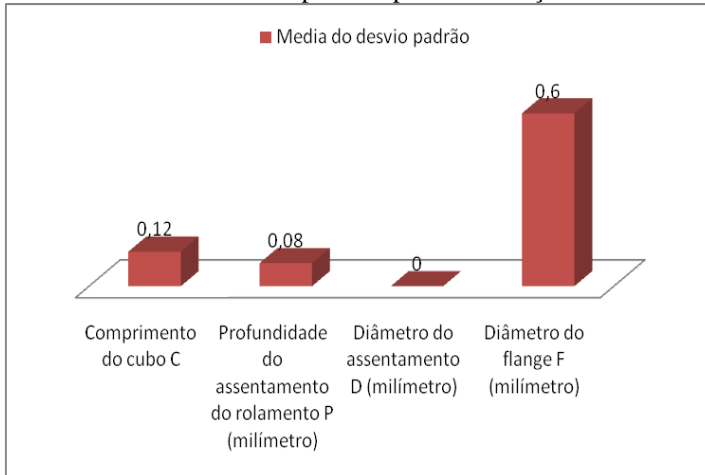
Gráfico 1: média do desvio padrão antes da automação



Fonte : Elaborada pelo autor

O gráfico 2 mostra a média dos desvios padrões dos cubos após a automação.

Gráfico 2: media do desvio padrão após a automação



Fonte: Elaborada pelo autor

De acordo com os resultados obteve uma redução significativa na variação após a automação, a media do desvio padrão do comprimento do cubo caiu de 0,42 mm para 0,12 mm e o diâmetro do flange caiu de 1,62 mm para 0,6.

4.3 Análise da segurança

Foi implementado o sistema de segurança com acionamento bimanual, para manter as mãos do operador fora da zona de perigo, seguindo os requisitos da norma regulamentadora 12.26, onde diz que “deve ser gerado somente quando os dois dispositivos de atuação do comando forem atuados com um retardo de tempo menor ou igual a 0,5s” (SEGURANÇA, 2013), dessa maneira reduz a possibilidade de um acidente durante a operação.

5 CONCLUSÃO

As empresas vêm buscando novas formas de aperfeiçoar o processo produtivo de forma que aperfeiçoem o custo de seus produtos. O trabalho contribui demonstrando uma opção para otimização dos custos do produto, reduzindo os desperdícios de matéria prima, aumentando a qualidade do produto e proporcionando segurança ao operador, através de um processo de automação de uma prensa excêntrica mecânica que molda cubos para bicicleta por meio de um controlador lógico programável. Por meio da automação objetivou-se melhorar as condições do processo de fabricação, bem como a segurança dos operadores da prensa.

Após a automação da prensa percebeu-se que os resultados de fabricação melhoraram de forma significativa. Já no quesito segurança vários dispositivos de proteção tal como o sistema de acionamento bimanual que garante que as duas mãos do operador fiquem fora da zona de perigo, proporcionando uma operação fácil e com segurança.

Conforme os resultados obtidos relacionado as medidas do produto, ouve uma redução das oscilação das medidas do produto, assim aumento a qualidade do produto e conseqüentemente a satisfação dos clientes.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Como sugestões para pesquisas futuras:

- Magazine com alimentação de tubos automática

REFERÊNCIAS

CONTROLE E AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL. Disponível em: <http://controleeautomacaointustrial3.blogspot.com.br/> Acessado em: 17 de out. 2016

CORTE E CONFORMAÇÃO De metais. São Paulo: Aranda editora, v.8,n.89, set. 2012

FRANCO, Antonio Geraldo Juliano. **Conformação de elementos de máquina**. São Paulo: F. Provenza, 1993.

MAQNELE MÁQUINAS E REFORMAS. Disponível em: <http://www.maqleme.com.br/reformas.php> Acessado em: 23 nov. 2015.

NORMA REGULAMENTADORA NR12. Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos: anexo VIII prensas e similares. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR-12AnexoVIII.pdf> Acesso em: maio de 2016.

SEGURANÇA e medicina do trabalho: normas regulamentadoras - NRs 1 a 35 - constituição federal (excertos) e CLT - legislação complementar. 4. ed., rev. ampl. atual. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2013.

SILVEIRA, Paulo Rogério da. **Automação e controle discreto**. 8. ed. São Paulo: Érica, 2007.

THOMAZINI, Daniel. **Sensores industriais: fundamentos e aplicações** / Daniel Thomazini, Pedro Urbano Braga de Albuquerque. São Paulo: Érica, 2010

WEG Disponível em: <http://www.weg.net.br/Produtos-e-Servicos/Drives/CLPs-e-Controle-de-Processos/CLIC02> Acessado em: 23 nov. 2015