

Projeto Mecânico de JIG para Automação de Testes de Sinais *(Mechanical JIG project for automation of signal tests)*

ARISTIDES RIVERA TORRES

DIEGO BANDEIRA DE MELO AKEL THOMAZ

Departamento de Engenharia Mecânica

Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, AM. Brasil

MATHEUS COELHO CARDOSO

Departamento de Engenharia de Controle e Automação

Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, AM. Brasil

MAYKON HENRIQUE FERREIRA DA SILVA

Departamento de Engenharia Elétrica

Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, AM. Brasil

JOHNNATAN FÉLIX CASTRO DOS SANTOS

CIROVALDES FERNANDES DE SOUZA

MICHELLE FRANCO SILVA

Departamento de Engenharia

Empresa de Produtos Eletroeletrônicos do Polo Industrial de Manaus

Amazonas, AM. Brasil

GILBERTO GARCÍA DEL PINO

ANTONIO CLAUDIO KIELING

Departamento de Engenharia Mecânica

Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, AM. Brasil

Abstract

In this work, the mechanical design of a JIG for testing the signals of a Modem was carried out, with the objective of reducing the cycle time in the operation to verify its functioning in the manufacturing line of an electronics goods company at the Manaus Industrial Pole (PIM), allowing the increase of productivity and eliminating the risk of ergonomic problems suffered by the line workers, considering that the cycle of this sector is extremely repetitive and harmful in terms of RSI (Injury by Repetitive Efforts). To carry out the work, resources from the current Industry 4.0 were used, such

Aristides Rivera Torres, Diego Bandeira De Melo Akel Thomaz, Matheus Coelho Cardoso, Maykon Henrique Ferreira Da Silva, Johnnatan Félix Castro Dos Santos, Cirovaldes Fernandes De Souza, Michelle Franco Silva, Gilberto García Del Pino, Antonio Claudio Kieling- **Projeto Mecânico de JIG para Automação de Testes de Sinais**

as: CAD (Computer-Aided Design - Computer Assisted Design), to create prototypes, CAE (Computer-Aided Engineering - Computer Assisted Engineering), for the evaluation of prototypes designed and RP (Rapid Prototyping) or .additive manufacturing through 3D printing of polymers, for the manufacture of elements and component parts of the prototypes. As a result of the work, a test JIG module was manufactured and tested based on the analysis of the functioning of several initial virtual and physical prototypes. Finally, eight modules were manufactured to form a test bench with eight Modems simultaneously, with the respective installation and maintenance manuals.

Keywords: Automation, Manaus Industrial Pole, Industry 4.0, JIG for Testing.

Resumo

Neste trabalho foi realizado o projeto mecânico de um JIG de testes de sinais de um Modem, com o objetivo de reduzir o tempo de ciclo na operação de verificação do seu funcionamento na linha de fabricação de uma empresa de produtos eletroeletrônicos do Polo Industrial de Manaus (PIM), permitindo o aumento de produtividade e eliminando o risco de problemas ergonômicos sofridos pelos trabalhadores da linha, tendo em vista que o ciclo deste setor é extremamente repetitivo e prejudicial em termos de LER (Lesão por Esforços Repetitivos). Para a realização do trabalho foram utilizados recursos da atual Indústria 4.0 como: CAD (Computer-Aided Design – Desenho Assistido por Computador), para criação de protótipos, CAE (Computer-Aided Engineering – Engenharia Assistida por Computador), para a avaliação dos prototipos desenhados e RP (Prototipagem Rápida) ou .manufatura aditiva através de impressão 3D de polímeros, para a fabricação de elementos e partes componentes dos prototipos. Como resultado do trabalho foi fabricado e testado um módulo do JIG de testes a partir da análise do funcionamento de vários protótipos virtuais e físicos iniciais. Finalmente foram manufaturados oito módulos para formar uma bancada de testes com

Aristides Rivera Torres, Diego Bandeira De Melo Akel Thomaz, Matheus Coelho Cardoso, Maykon Henrique Ferreira Da Silva, Johnnatan Félix Castro Dos Santos, Cirovaldes Fernandes De Souza, Michelle Franco Silva, Gilberto García Del Pino, Antonio Claudio Kieling- **Projeto Mecânico de JIG para Automação de Testes de Sinais**

oito Modems simultaneamente, com os respectivos mauais de instalação e manutenção.

Palavras Chave: Automação, Polo Industrial de Manaus, Indústria 4.0, JIG de Testes.

1. INTRODUÇÃO

A humanidade buscou sempre por melhorias que reduzissem a necessidade de trabalho manual, assim como o risco associada ao mesmo, principalmente quando relacionado a atividades que não agregam valor e que possuem um ciclo repetitivo definido, apresentando um potencial para automação. Anteriormente, quando existia um desenvolvimento tecnológico mais incipiente, essas tarefas normalmente eram realizadas por animais ou simplesmente eram auxiliadas por ferramentas primitivas como enxadas e foices. Com o passar do tempo o homem foi desenvolvendo técnicas para mecanizar o trabalho manual. Atualmente, como já existe um grande leque de ferramentas e tecnologias a disposição, essas automações são realizadas através de dispositivos eletromecânicos e pneumáticos como: atuadores, sensores, controladores, válvulas, relés, motores [1].

O processo de solucionar uma problemática por meio da tecnologia deve considerar alguns fatores determinantes. É necessário pensar em três aspectos em um processo de modernização, tais como a redução de custos, melhorias na qualidade e aumento na variedade de bens, serviços e métodos de produção. Inovação é encontrar novas e melhores maneiras de fazer as coisas e introduzir novas ideias ou novos tipos de produtos e serviços no mercado, gerando retorno econômico e satisfação dos clientes [2-3].

O desenvolvimento experimental é um trabalho sistemático, com base nos conhecimentos adquiridos com pesquisa e/ou experiência prática, que são direcionados para a produção de novos materiais, produtos e dispositivos; para instalar novos processos, sistemas e serviços; ou para melhorar substancialmente aqueles já produzidos ou instalados [4].

Essa necessidade de automatizar processos é vista diariamente em fábricas, tendo em vista que a diferença de alguns segundos em alguns processos de produção pode significar quantias de centenas de milhares de reais quando somadas ao longo de anos ou até mesmo por meses. Fora isso, a redução da atividade humana em um processo significa reduzir a probabilidade de acidentes de trabalho e a probabilidade de erros na produção, tendo em vista que máquinas possuem uma capacidade de repetitividade muito alta, permitindo aumentar significativamente os padrões de qualidade de uma empresa [5-7].

Neste trabalho foi realizado o projeto mecânico de um JIG de verificação das funções do Modem utilizado frequentemente na transmissão de TV a cabo, internet e telefone, durante o processo de produção na linha de montagem, visto que é um dispositivo para ser utilizada em uma linha de produção sendo necessário que esteja de acordo com as normas técnicas vigentes definidas pela NR12 que contém as diretrizes para máquinas e equipamentos [8-9]. Para realizar esse projeto foram levados em conta a redução do tempo do ciclo, visando aumento de produtividade, a redução do risco de problemas ergonômicos, de forma que o colaborador não tenha que se expor a um alto risco de LER (lesão por esforços repetitivos) e a redução de erros, o dispositivo projetado deve apresentar um alto grau de repetitividade e confiabilidade. Durante todas as etapas do projeto, foram utilizados recursos da atual Indústria 4.0 [10] tais como: CAD (*Computer-Aided Design* – Desenho Assistido por Computador), para criação de protótipos, CAE (*Computer-Aided Engineering* – Engenharia Assistida por Computador), para a avaliação dos protótipos desenhados e RP (Prototipagem Rápida) ou manufatura aditiva através de impressão 3D de polímeros, para a fabricação de elementos e partes componentes dos protótipos [11-12].

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O objetivo principal do trabalho é o desenvolvimento de um JIG de teste das funções de um Modem para recepção de sinais para internet e tv a cabo de uma empresa de produtos eletroeletrônicos do Polo

Industrial de Manaus (PIM). Este Modem recebe energia para o funcionamento através da entrada da fonte (pode-se observar nas Figuras 1 e 2) e recebe também o sinal externo através do cabo RF. Este sinal é classificado e distribuído pelas saídas de HDMI (áudio junto com vídeo), sinais separados de áudio e vídeo através dos conectores RCA, Ethernet e USB. Na parte frontal do Modem como se pode observar na Figura 2 existem três botões (dois que controlam o som/canal e um para ligar/desligar) e uma indicação luminosa através de um led para saber se o Modem está ligado ou desligado, os três botões devem ser apertados em momentos diferentes. Existe também um leitor de código de barras na parte inferior do Modem, que precisa ser lido para confirmar qual é a unidade produzida que está sendo testada. O JIG projetado executa as funções de apertar os botões, verifica o funcionamento de todas as entradas e saídas do Modem e lê o código de barras da parte inferior do Modem.



Figura 1: Parte posterior do Modem mostrando os conectores

Para que todos esses sinais sejam testados é necessário inicialmente inserir todos os cabos na parte traseira do JIG, que de acordo com o protocolo de testes da empresa é requerido que o cabo de força seja o último inserido no Modem, por isso a primeira ação realizada foi realizar uma medição exata do Modem e de todos os detalhes e fazer um desenho CAD do Modem (ver Figura 2) para permitir uma solução correta de encaixe. Cada conector tem um formato geométrico específico, e diferente condição de conexão, sendo que o conector HDMI em especial é o que necessita de uma conexão com a maior precisão como consequência de seu formato complexo.

Um segundo estudo preliminar foi a determinação do número de unidades ou módulos de teste necessários para garantir o fluxo de

produção necessário sem sobregargar a linha. Para determinar esse número de unidades necessárias foi realizada uma análise da linha de montagem do Modem, onde foram cronometados os tempos de cada ação de montagem na linha e a sua velocidade de movimentação. Esta análise foi realizada em conjunto com a equipe de engenharia da empresa e se obteve como resultado a quantidade necessária de 8 módulos ou unidades básicas de testes, ou seja, deveriam ser testados 8 modems simultaneamente no ponto de teste, como pode ser observado na Figura 3.

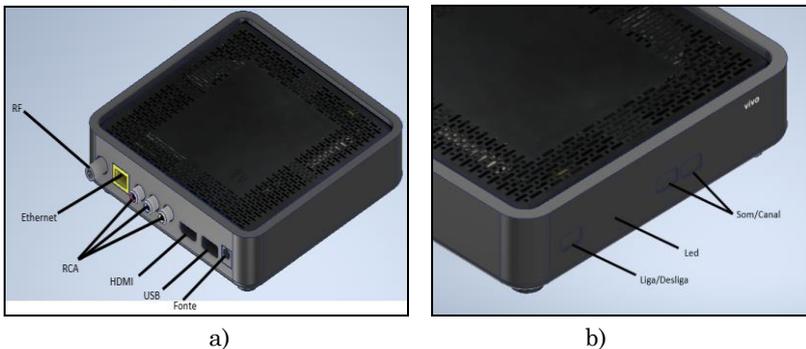


Figura 2: Desenho CAD do Modem: a) Parte posterior do Modem mostrando os conectores, b) Parte anterior do Modem mostrando os botões.

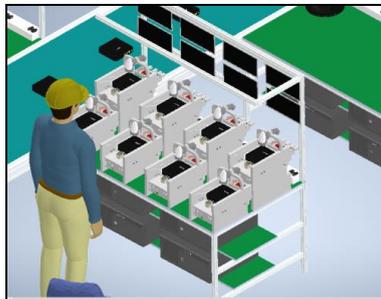


Figura 3: Layout inicial com oito módulos de JIG de verificação

Desta primeira análise foi também determinado que devido a repetitividade da operação de testes e, portanto, de encaixe e retirada dos cabos de conexão com muita frequência, provocando um desgaste considerável e por consequente possibilidade de falhas na testagem do JIG, deve ser previsto um sistema que garanta a vida útil dos cabos e

que permita uma manutenção rápida para a substituição das conexões, elementos ou cabos danificados.

Posteriormente, com os dados de entrada, foi necessário projetar diferentes mecanismos e sistemas de controle como: mecanismo que insira as 8 conexões diferentes no JIG, mecanismo que aperte os 3 botões em momentos diferentes, dispositivo que envie sinal infravermelho, sistema de verificação das funções do JIG, dispositivo para ler os sinais do led e conferir se estão certos e uma câmera para a leitura do código de barras (leitor de código de barras).

Depois de serem desenvolvidos vários protótipos virtuais com o CAD (Código Inventor Autodesk) e realizando análises com elementos finitos (MEF), foi projetada uma peça formada por dois componentes, que ao se unirem formava a geometria exata para assegurar os contatos a serem introduzidos no Modem. Também foi inicialmente projetado um mecanismo para introduzir esses contatos no Modem permitindo testar o funcionamento.

Depois de simular virtualmente o funcionamento do mecanismo de encaixe, foram fabricados os componentes da unidade de encaixe utilizando-se as técnicas de Prototipagem Rápida (Impressão 3D) para peças menores e as peças maiores foram fabricadas num Centro de Usinagem (CAM). Com os componentes fabricados foi realizada a montagem da unidade de encaixe sendo assim possível a testagem do encaixe correto dos cabos no Modem como pode-se observar na Figura 5. Pode-se ainda constatar na Figura 5 a posição do Modem invertida de forma a facilitar a leitura do código de barras e identificar a peça que está sendo testada.

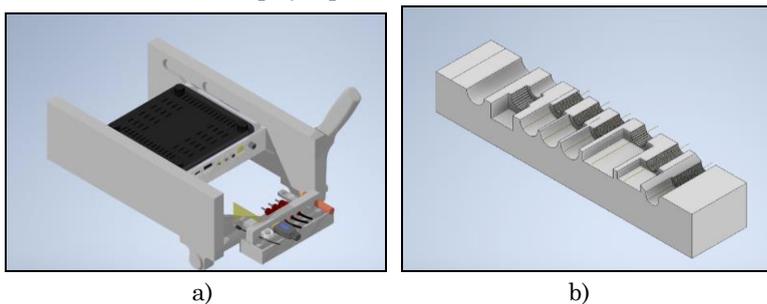


Figura 4: Projeto inicial do mecanismo de encaixe dos cabos de contato: a) mecanismo de encaixe dos cabos, b) componente do suporte dos cabos.



Figura 5: Vista superior do protótipo físico inicial do mecanismo de encaixe dos cabos de contato: a) vista superior do mecanismo antes do encaixe, b) após o encaixe.

Para ser possível verificar todas as funções do Modem é necessário pressionar os botões e verificar suas funcionalidades, o que foi conseguido utilizando-se atuadores pneumáticos posicionados na parte frontal do JIG (ver Figura 6) com suas sequências de acionamento coordenadas através de um micro controlador Arduino. Todas as funções do Modem são verificadas por um microcomputador Raspberry Pi que executa um software próprio da empresa com os protocolos gravados. O Raspberry Pi é controlado por um código fonte de programação e auxiliado pelo microcontrolador Arduino que envia os sinais para serem checados e a resposta avaliada pelo software padrão da empresa. O funcionamento dos LEDs verde e vermelho é verificado por câmera interna acoplada ao Raspberry Pi capturando a luminosidade através de fibra ótica.

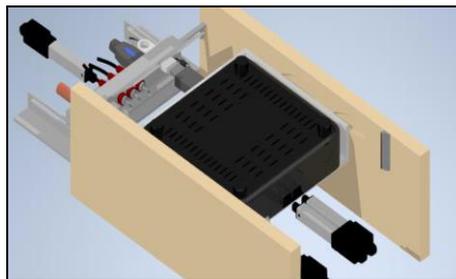


Figura 6: Posicionamentos dos atuadores pneumáticos

3. RESULTADOS

Partindo-se do modelo virtual e físico inicial foi construído o modelo final, onde cada encaixe foi colocado em peças independentes para facilitar o encaixe dos contatos e a sua manutenção, em 6 peças separadas, como mostra a figura 7, mantendo-se o princípio inicial de cada parte ser dividida em dois componentes unidas por parafusos para facilitar uma eventual troca dos cabos. Esta variante final também facilitou garantir a ordem das conexões segundo o protocolo da Indústria.



Figura 7: Mecanismo de encaixe final do módulo de teste

Como resultado do trabalho, foi obtido um módulo do JIG como se mostra na Figura 8, que foi construído e repetido 8 vezes. Para garantir a funcionalidade eletromecânica do JIG foi necessário inserir outros dispositivos eletrônicos além do Raspberry e do Arduino, tais como válvulas eletropneumáticas, relés, circuitos eletrônicos de baixa tensão e circuitos pneumáticos, os quais se encontram na parte interna da unidade do JIG, como pode-se observar na Figura 8b. Na Tabela 1 é apresentada a sequência das operações do JIG de teste.

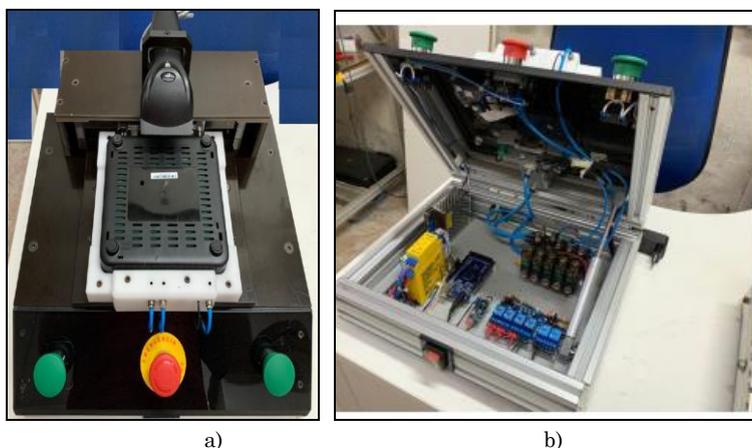


Figura 8: Projeto final do JIG de teste: a) vista superior do módulo, b) dispositivos eletrônicos da parte interna do JIG

Tabela 1: Sequência de operações do JIG de teste

Ordem	Atividade
1	Operador pega um Modem da linha de produção e insere no JIG de teste.
2	Operador aperta os dois botões de início do teste no JIG simultaneamente (Botões de cor verde)
3	Plataforma com o Modem é movida para trás conectando os cabos.
4	Alimentação do Modem é ligada
5	É lido o código de barras do Modem
6	O sistema inicia o processamento de teste
7	O sistema solicita verificação do status do led.
8	O funcionamento dos leds verde e vermelho é verificado pela câmera do Raspberry Pi
9	Raspberry Pi envia sinal para o Arduino
10	Os botões do Modem são pressionados pelos atuadores pneumáticos e testados
11	O processamento de teste é finalizado e a plataforma faz o movimento desconectando o Modem
12	Operador confere se o teste foi positivo
13	Operador remove o Modem e o devolve para a linha

4. CONCLUSÕES

Como resultado do trabalho foi fabricado e testado um módulo do JIG de testes a partir da análise do funcionamento de vários protótipos virtuais e físicos iniciais. Finalmente foram construídos os módulos restantes do JIG de testes para formar uma bancada de oito Modems

sendo testados simultaneamente, com os respectivos mauais de instalação e manutenção em base as recomendações da norma NR 12. A utilização de recursos e tecnologias associadas a atual Indústria 4.0 tais como CAD (Computer-Aided Design – Desenho Assistido por Computador), para criação de protótipos, CAE (Computer-Aided Engineering – Engenharia Assistida por Computador), para a avaliação dos protótipos desenhados e RP (Prototipagem Rápida) ou .manufatura aditiva através de impressão 3D de polímeros, para a fabricação de elementos e partes componentes dos prototipos, foi decisivo no sucesso do projeto mecânico do JIG para a automação do testes de sinais do Modem.

REFERÊNCIAS

- [1] NEVES, C.; DUARTE, L.; VIANA, N.; LUCENA, V. F. Jr. Os dez maiores desafios da Automação Industrial: As Perspectivas para o Futuro. Publicado em: II CONNEPI, 2007.
- [2] OECD Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development: Frascati Manual OECD, Paris, 5a edition,1993.
- [3] AYALA, K. J. The 8051 Microcontroller – Architecture, Programming and Applications, 3rd edition, Cengage Learning India Pvt. Ltd, 2008
- [4] COOPER, W. D.; HELFRICK, A. Modern letronic instrumentation and measurement techniques. Englewood Cliffs, New Jersey, USA, v. 1, April. 2016.
- [5] CABRAL, A. M.; SILVA, R. C., DEL PINO, G. G. Manipulador Automático de entrada, troca simultânea e saída dos estágios de prensagem. Revista Científica Semana Acadêmica - ISSN 2236-6717, 2018.
- [6] NAVARRO, A. F. A Percepção dos Riscos e sua Influência na Redução dos Acidentes de Trabalho. Revista Brasileira de Risco e Seguro, 2010.
- [7] SANTOS, B. P.; ALBERTO, A.; LIMA, T. D. F. M.; CHARRUA-SANTOS, F. M. B. INDUSTRY 4.0: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES. Revista Produção E Desenvolvimento, 4(1), 111-124. <https://doi.org/10.32358/rpd.2018.v4.316>. 2018.
- [8] MINISTÉRIO DO TRABALHO. Portaria MTE n.º 857, de 25/06/2015 - NR12. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2015.
- [9] MINISTÉRIO DO TRABALHO. NR-12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2015.
- [10] LIMA, A.G.; PINTO, G. S. Indústria 4.0: Um novo paradigma para a indústria. Interface Tecnológica – v. 16 n. 2, 2019.
- [11] RODRÍGUEZ, A. S. M.; SHIMOMOTO, E. K.; SILVERIO, R.; DEL PINO, G. G.; MÉNDEZ, C. A. C.; RODRÍGUEZ J. L. M. Sintering, A process of metal forming as an

Aristides Rivera Torres, Diego Bandeira De Melo Akel Thomaz, Matheus Coelho Cardoso, Maykon Henrique Ferreira Da Silva, Johnnatan Félix Castro Dos Santos, Cirovaldes Fernandes De Souza, Michelle Franco Silva, Gilberto García Del Pino, Antonio Claudio Kieling- **Projeto Mecânico de JIG para Automação de Testes de Sinais**

economic alternative with a low environmental impact. Revista Centro Azucar, v 44. P 83- 92, 2017.

[12] TORRES, A. R.; COSTA N.; DEL PINO, G. G.; KIELING, A. C.; CABRAL, D. B.; PITTA, G. B. B. Algoritmo Matemático para Predefinir a Mudança da Extensão Linhal do Tamanho do Stent Convencional e Triplo Stent em Termos de Sua Acomodação na Artéria Aórtica com Aneurisma, in Silico1, European Academic Research, v 8, i2, p 921-934, 2020.