



## CONSTRUÇÃO DE UM MANIPULADOR PNEUMÁTICO CONTROLADO POR APLICATIVO PARA FINS EDUCATIVOS

**Dhiego Ronan Silva Soares** – dhiego112008@gmail.com  
**Dianna Krisley Soares Ramos** – diannakrisley@gmail.com  
**Edileuza Fabrícia Pereira Peron** – fabriciapereiraperon@gmail.com  
**Fábio Ossame Morikawa** – fabioossamem@gmail.com  
**Henrique Nunes Pereira Oliva** – hnpo@hotmail.com  
**Luan Guedes Mota** – luangmota@gmail.com  
**Vinícius Fernandes Medeiros** – viniciusmvs50@gmail.com  
**Wesley Correia da Silva** – wesleycorreia2@gmail.com  
Faculdades Integradas Pitágoras, Montes Claros  
Av. Aida Mainartina, nº 80, Ibituruna.  
39400-000 – Montes Claros – MG

**Resumo:** *Este trabalho consiste no desenvolvimento de um manipulador pneumático com quatro graus de liberdade, de pequeno porte, controlado por meio de um aplicativo, desenvolvido para fins educativos. O manipulador é composto por uma base, quatro cilindros, concha e atuadores. O trabalho visa permitir a visualização da aplicação da teoria vista nas aulas, com a fabricação de um equipamento útil, capaz de melhorar a produção de atividades dependentes de manipulação. Os materiais utilizados foram aço 1020, 4 cilindros pneumáticos de dupla ação e haste simples de série CVM5, diâmetro de 20 mm, chapa de alumínio e duas correias dentadas. Foram utilizados diferentes processos de fabricação para manufatura do protótipo. Foi feito um estudo sobre os elementos necessários para a produção e o funcionamento do equipamento, sendo o estudo direcionado para o uso adequado de materiais de baixo custo. Inicialmente foi realizado um croqui do manipulador no software SolidWorks, foi feita também uma simulação pneumática do sistema através do software FluidSIM e, por fim, foi iniciada a construção do manipulador. Todo o processo foi concretizado de forma simples e com aproveitamento de materiais. Permitiu-se grande envolvimento de estudantes de graduação em Engenharia Mecânica, contribuindo com a aprendizagem de conceitos abordados em disciplinas teóricas.*

**Palavras-chave:** Manipulador pneumático, Aplicativo, Estrutura mecânica, Automação.

### 1. INTRODUÇÃO

Muitas atividades industriais necessitam de esforços repetitivos e precisão, para auxiliar os trabalhadores a superar obstáculos do trabalho. Com o desenvolvimento industrial e, conseqüentemente, de novas tecnologias, diversos equipamentos foram criados. Uma dessas inovações são os manipuladores robóticos, que trouxeram inúmeros benefícios para indústrias e colaboradores (LOPES, 2002).

O conceito de manipulador é atribuído aos sistemas mecânicos compostos por elos, juntas e atuadores utilizados para movimentar ferramentas e peças entre pontos ou seguindo trajetórias, podendo estes ser reconfiguráveis. Os elos são os elementos da estrutura do

Organização



**UDESC**  
UNIVERSIDADE  
DO ESTADO DE  
SANTA CATARINA



Promoção





manipulador que devem apresentar rigidez calculada para garantir uma precisão adequada do sistema. As juntas conectam os elos e são responsáveis pelo número de graus de liberdade do sistema (ROMANO; DUTRA, 2002).

O funcionamento de um sistema pneumático faz uso de ar pressurizado (comprimido) como fonte geradora de energia. O conjunto é constituído basicamente por um motor pneumático, uma válvula que direciona o fluxo e um compressor para gerar a pressão necessária utilizada durante a atuação do pistão (cilindro). Características desse sistema apresentam algumas vantagens, como por exemplo, baixo custo, uma boa relação peso/potência, facilidade de se obter ar comprimido nas fábricas, dentre outras. Sua principal desvantagem está associada à imprecisão dos movimentos (ALLGAYER, 2011, P.7).

Os cilindros pneumáticos se dividem em dois grupos principais, são eles: de simples ação e de dupla ação. Cilindros pneumáticos de simples ação realizam trabalhos em uma direção, ou seja, possui uma única conexão com o ar, sendo que o retorno à posição inicial pode se dar por ação de mola ou de outra força externa. Ao contrário do de simples ação, os cilindros de dupla ação realizam trabalhos em ambas as direções de avanço e de retorno, possuindo duas conexões de ar (ELARRAT, 2015).

A automação é usada na indústria para a obtenção de maiores lucros em tempos menores. Nesse contexto, a automação é aplicada no ambiente industrial buscando o aumento do ritmo de produção, a redução de custos e o auxílio aos trabalhadores em situações insalubres e/ou repetitivas. Devido à facilidade de adaptação aos sistemas de produção modernos e por produzirem uma diversidade de itens, os manipuladores robóticos são muito utilizados nessa área. Pode ser observado no mercado atual que os manipuladores existentes em sua maioria são compostos por modelos acionados eletricamente. Mas com a crescente evolução de estudos e desenvolvimento de novos métodos na área, outros sistemas podem ser utilizados como o hidráulico e pneumático. Os sistemas pneumáticos fazem o uso do ar comprimido como fonte de energia e na maioria das vezes é o tipo utilizado, levando em consideração a relação custo e benefício (RIJO, 2013).

A proposta deste trabalho é desenvolver um manipulador pneumático, controlado por aplicativo, de baixo custo, que pode demonstrar algumas variáveis importantes, como os componentes e o funcionamento de um sistema pneumático, assim como suas vantagens e desvantagens. Assim aplicando diversas técnicas aprendidas durante as disciplinas cursadas na graduação em Engenharia Mecânica. Por consequência será gerado um equipamento para auxiliar os trabalhadores em diversas atividades que necessitam do auxílio de um equipamento de manipulação.

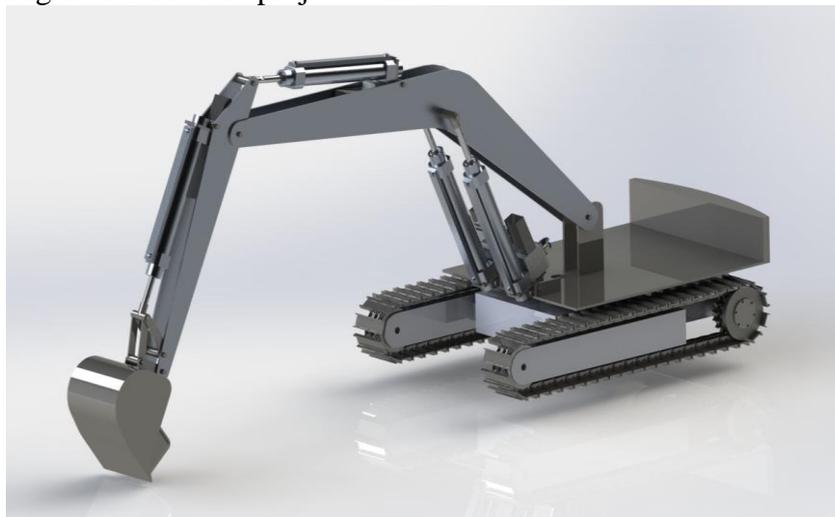
## 2. DESENVOLVIMENTO

Foi realizada uma revisão bibliográfica a fim de analisar o estado da arte de manipuladores robóticos acionados pneumaticamente. Após a pesquisa bibliográfica, foi feita uma análise do problema e definidos os requisitos a serem atingidos. Para auxiliar nesta etapa, foi utilizado um *software* de auxílio ao projeto CAD – *Computer Aided Design* e informações de fabricantes de equipamentos pneumáticos.

Para a construção do manipulador utilizou-se quatro cilindros pneumáticos de dupla ação e haste simples série CVM5, diâmetro 20 mm, chapas de alumínio, aço 1020 e 2 correntes. A estrutura do manipulador foi projetada no *SolidWorks*, conforme a Figura 1, onde também foram feitas as simulações do funcionamento mecânico. A simulação pneumática do sistema foi feita no *software FluidSIM*, sendo esse muito utilizado para simulações de sistemas hidráulicos e pneumáticos, no qual foi possível gerar o circuito de funcionamento do sistema projetado.



Figura 1 – Modelo projetado no *SolidWorks*.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os processos que foram envolvidos na fabricação da estrutura são os de: soldagem, furação, corte, dobra, calandragem, torneamento e rosqueamento. Dentre os processos utilizados na fabricação pode ser destacado o processo de estampagem, essencial na construção da estrutura. Processos de usinagem também foram de suma importância na construção do protótipo, uma vez que, utilizaram-se distintos processos de usinagem.

O processo de estampagem compreende a fabricação de peças através do corte ou deformação de chapas em operação de prensagem a frio. Emprega-se a estampagem de chapas para fabricação de peças com paredes finas feitas de diversos metais e ligas. As operações de estampagem podem ser resumidas em três básicas: corte, dobramento e embutimento (DALEFFE, 2008).

Já os processos de fabricação por usinagem são bastante flexíveis em termos de formatos e dimensões das peças. O custo e o tempo necessários podem variar bastante. A seleção dos processos é feita com base na análise da capacidade do processo de executar o formato da peça com a exatidão e acabamento superficial requerido. Inicialmente selecionam-se os grupos de processos compatíveis com a forma da superfície a ser usinada (classificada em assimétrica ou prismática) e com as possíveis características como furos, roscas e cavidades (GONÇALVES, 2009).

Uma das disciplinas cursadas em Engenharia Mecânica que foi de grande relevância na manufatura do protótipo do manipulador, foi a Tecnologia de Soldagem, uma vez que, a soldagem é um dos principais e mais eficientes processos de fixação de metais e necessita de todo um conhecimento teórico e técnico para garantir a eficácia do processo. No projeto em questão foi utilizada em específico a soldagem a arco com eletrodo de tungstênio e proteção gasosa (*Gas Tungsten Arc Welding* - GTAW). Também conhecida como TIG (*Tungsten Inert Gas*) pode ser usada para quase todos os metais e o processo pode ser manual ou automático. Esse tipo de soldagem é largamente utilizado para soldas com alumínio e outras ligas onde a integridade da solda é de muita relevância. Uma de suas aplicações é a solda de chapas de espessuras finas, como ocorrido na construção do protótipo do manipulador.

Após o estudo e análise dos processos de fabricação citados, iniciou-se à construção da estrutura do manipulador. Durante a manufatura da estrutura puderam ser aplicados diversas técnicas e conhecimentos adquiridos anteriormente nas disciplinas, podendo assim confeccionar a estrutura completa, como pode ser observado na Figura 2.



Figura 2 – Estrutura.



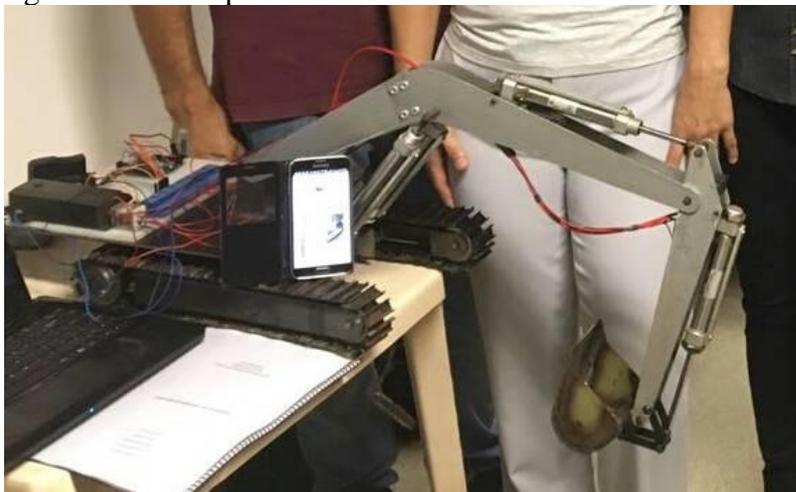
Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a automação do manipulador, utilizou-se uma placa de arduino que é basicamente uma plataforma física de computação com código aberto baseado numa simples placa microcontroladora e um ambiente de desenvolvimento para escrever o código para a placa. O arduino pode ser usado para desenvolver objetos interativos, admitindo entradas de uma série de sensores ou chaves, e controlando uma variedade de saídas físicas. Para fazer a programação dos comandos do manipulador, o aplicativo foi desenvolvido na ferramenta do *MIT App Inventor*. O *App Inventor* é uma ferramenta que permite a criação de aplicativos para smartphones que rodam o sistema operacional *Android*, sem que seja necessário conhecimento em programação. Com uma interface fácil de usar, o programa foge das linhas de programação normal e possibilita até mesmo usuários de lançarem seus aplicativos.

Na Figura 3, pode-se observar o protótipo do projeto que atendeu a proposta deste trabalho, porém a questão da imprecisão do movimento foi um desafio. Também pode ser observado o circuito de funcionamento do sistema pneumático, conforme a Figura 4.

O circuito demonstra perfeitamente o funcionamento do sistema durante a execução dos movimentos do manipulador, podendo assim identificar os componentes, suas respectivas funções e o percurso que o ar comprimido faz durante o funcionamento do sistema.

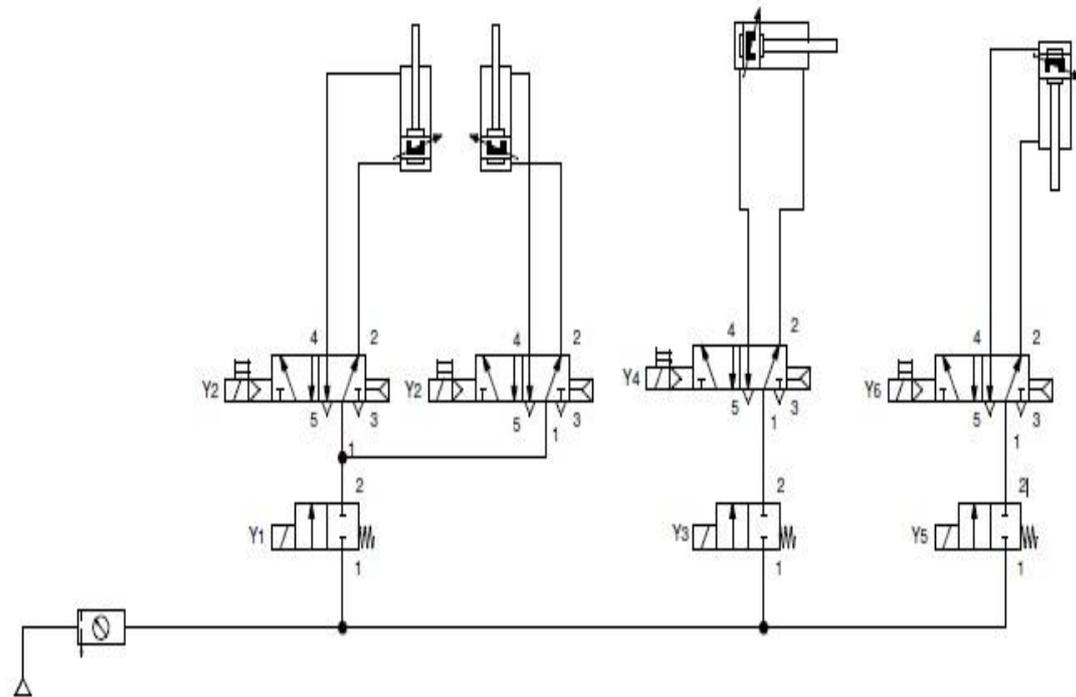
Figura 3 – Protótipo finalizado.



Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 4 – Circuito eletropneumático.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 5, tem-se o *layout* do aplicativo criado, sendo feito numa plataforma do Google por meio do Arduíno, o aplicativo funciona em qualquer celular que tenha o sistema *Android* e é controlado facilmente pelas teclas de comando.

Figura 5 – *Layout* do aplicativo *MCommand*.

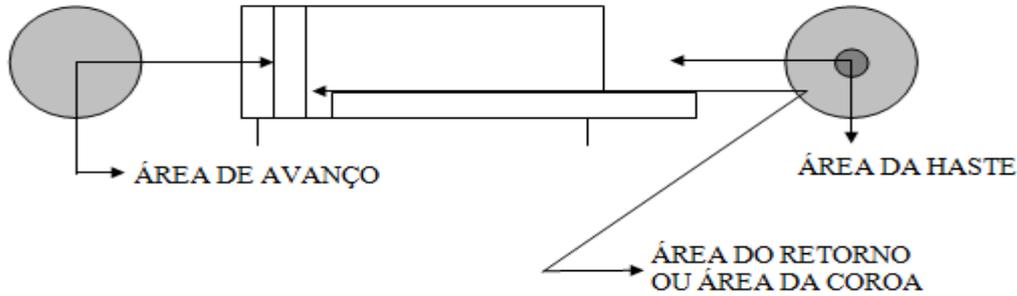


Fonte: Elaborado pelos autores.



Com o protótipo pronto foram calculadas as forças de avanço e retorno exercidas pelo cilindro pneumático, esquematizado na Figura 6.

Figura 6 - Esquematização de um cilindro pneumático.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a realização dos cálculos foram usadas as seguintes equações. Sendo a Equação (1) de força de avanço, a Equação (2) de área de avanço, a Equação (3) de área da haste, a equação (4) de área do retorno e a Equação (5) de força do retorno.

$$F_{AV} = P \times A \quad (1)$$

$$A_{AV} = \pi \times R^2 \quad (2)$$

$$A_{haste} = \pi R^2 \quad (3)$$

$$A_{RET} = A_{AV} - A_{haste} \quad (4)$$

$$F_{RET} = P \times A \quad (5)$$

Onde:

$F_{AV}$  - Força de Avanço [kgf ou N];

P - Pressão [kgf/cm<sup>2</sup>];

A - Área [cm<sup>2</sup>];

$A_{AV}$  - Área de Avanço [cm<sup>2</sup>];

R - Raio [cm];



$A_{haste}$  – Área da haste [cm<sup>2</sup>];

$A_{RET}$  – Área de retorno [cm<sup>2</sup>];

$F_{RET}$  – Força de retorno [kgf ou N].

Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados do cálculo das forças.

Área de avanço	0,000314 m <sup>2</sup>
Força de avanço	215,5502 N
Área da haste	0,00005 m <sup>2</sup>
Área do retorno	0,000264 m <sup>2</sup>
Força do retorno	181,2269 N

Tendo feito o cálculo das forças de avanço e retorno do cilindro utilizado no protótipo, chegou-se a uma força de 215, 5502 N de avanço e 181, 2269 N de retorno, conforme a tabela1, podendo assim mensurar a quantidade do material ou objeto manuseado pelo manipulador.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível, por meio dos conhecimentos obtidos nas disciplinas cursadas na graduação de Engenharia Mecânica, principalmente a de Acionamentos Hidráulicos e Pneumáticos, a construção do protótipo do manipulador pneumático. O protótipo apresentou uma boa relação de custo e benefício, uma vez que, poderá ser utilizado em várias atividades corriqueiras em empresas e seu custo de produção não ser tão alto, além dos atuadores pneumáticos apresentarem uma viabilidade econômica melhor que outros modelos com outros tipos de acionamentos. Além disso, processos de fabricação puderam ser estudados durante a realização do trabalho, um deles foi o processo de conformação mecânica por estampagem, essencial na produção da estrutura, entre outros.

Abordar disciplinas somente no âmbito teórico, muitas vezes restringe o aprendizado do estudante de graduação, que não consegue assimilar muito bem a prática cotidiana de um engenheiro. Esse trabalho propiciou o uso, na prática, de conhecimentos adquiridos em sala de aula, além da interdisciplinaridade no desenvolvimento do protótipo, uma vez que aplicou a teoria de acionamentos pneumáticos, sendo o foco central desse estudo, além de empregar diversos processos e técnicas abordados em outras disciplinas do curso de graduação em Engenharia Mecânica.

Com o protótipo pronto, as aulas práticas envolvendo a matéria foco do trabalho, poderão contar com uma ferramenta didática e prática para melhor compreensão do conteúdo abordado.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLGAYER, Renan Schmidt. **Desenvolvimento de um manipulador robótico cilíndrico acionado pneumáticamente.** 2011. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Programa de Pós-graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

DALEFFE, Anderson. **Estudo do Processo de Estampagem Incremental em Chapa de Alumínio Puro.** 2008. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

ELARRAT, Mauricio Moura. **Análise e documentação de um manipulador pneumático com cinco graus de liberdade.** Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica. Rio de Janeiro, fevereiro de 2015.

GONÇALVES, Henrique, 2009. **Processos de Fabricação.** Disponível em:  
<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAbi0AL/processos-fabricacao>>. Acesso em 10 de nov. de 2016.

LOPES, António Mendes. **Robótica Industrial.** 2002. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Automação, Universidade do Porto, Porto, 2002.

RIJO, Marcos Giovane de Quevedo. **Desenvolvimento da base e controle do grau de liberdade rotacional de um robô cilíndrico com acionamento pneumático.** 2013. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

ROMANO, V.F.; DUTRA, M. S., **Introdução à Robótica Industrial.** In: Vitor Romano. (Org.) Robótica Industrial: Aplicação na Indústria de Manufatura e de Processos, 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher, pp. 1-19, 2002

## CONSTRUCTION OF A PNEUMATIC MANIPULATOR CONTROLLED BY AN APPLICATION FOR EDUCATIONAL PURPOSES

**Abstract:** *This work consists of the development of a pneumatic manipulator with four grades of freedom, with small size, controlled by an application, and developed for educational purposes. The manipulator is composed of a base, four cylinders, shell and actuators. The project aims to allow the visualization of the use of the theory seen in the classes, with the fabrication of a useful equipment, capable of improve the production of activities that depends of manipulation. The materials utilized was 1020 steel, 4 pneumatics cylinders with double action and simple stem of the CVM5 series, diameter of 20 mm, aluminum plate and two toothed belts. It was utilized different fabrication processes in the manufacture of the prototype. It was made a study about the necessary elements for the production and operation of the equipment, being the study directed to the adequate use of materials with low cost.*

Organização



Promoção





*Initially it was realized a sketch of the manipulator in the software SolidWorks, it was also made a pneumatic simulation on the system using the software FluidSIM and lastly it was initialized the construction of the manipulator. The entire process was concretized in a simply way and with an exploitation of materials. It was possible a great involvement of the graduation students of Mechanical Engineer, contributing with the learning of concepts addressed in theoretical disciplines.*

**Key-words:** *Pneumatic manipulator, Application, Mechanical structure, Automation.*

Organização



Promoção

