

# **PROJETO, CONSTRUÇÃO E CONTROLE DE UM MANIPULADOR ROBÓTICO DE TRÊS GRAUS DE LIBERDADE COM ACIONAMENTO ELÉTRICO E PNEUMÁTICO.**

**Rogério Muniz Ribeiro**

Universidade de Taubaté – R. Daniell Danelli s/n – Cep 12060-440 – [r.m.r@uol.com.br](mailto:r.m.r@uol.com.br)

**Rodolfo Soares da Silva**

Universidade de Taubaté – R. Daniell Danelli s/n – Cep 12060-440 – [rodolfos14@uol.com.br](mailto:rodolfos14@uol.com.br)

**Francisco Jose Grandinetti**

Universidade de Taubaté – R. Daniell Danelli s/n – Cep 12060-440 - [grandi@unitau.br](mailto:grandi@unitau.br)

## **RESUMO**

Este trabalho consiste no projeto de um manipulador robótico de três graus de liberdade com acionamento elétrico e pneumático. Este modelo de manipulador robótico tem grande aplicação na montagem de placas de circuitos eletrônicos. O projeto contém dois motores de corrente contínua (DC), que possibilitará a movimentação em dois graus de liberdade de posicionamento no plano horizontal (área de trabalho do manipulador). Basicamente, os movimentos neste plano possibilitarão controlar o manipulador em qualquer ponto pertencente à área de trabalho. Após o posicionamento, através de um sistema de interface o rele de contato aciona o cilindro pneumático na vertical, posteriormente a garra é acionada para executar a tarefa desejada. O objetivo deste trabalho é estudar a utilização de um conjunto de sistemas (interface eletrônica, software e sistemas mecânicos), que possam controlar o manipulador. O controle de posicionamento é composto por potenciômetros acoplados nos eixos dos motores, que através de uma placa de interface e programa controlam o robô. O cilindro pneumático é comandado por uma eletroválvula, acionada pelo rele que recebe informação de comando da interface, esta mesma por sua vez, controla os servomotores e os motores DC.

**Palavras chaves:** Manipulador, robô, controle, robótica, motores.

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1- AUTOMAÇÃO E ROBÔS**

Schilling (1990) define um robô como sendo um dispositivo mecânico controlado por computador que utiliza sensores para guiar um ou mais “*end-effectors*”, também chamados de ferramentas, através de movimentos programados em um espaço de trabalho para manipular objetos físicos. Os robôs industriais são muitas vezes classificados como “braços robóticos” ou “manipuladores robóticos”.

A automação não só contribuiu para melhorar a produtividade mas também ajudou a minimizar variações em células de manufatura e desta forma elevando o padrão de qualidade. Tem sido atualmente utilizada em diversos processos de manufatura tais como pintura, soldagem e

montagem, entre outros. Portanto, estudo e projeto de robôs de diversas configurações vem crescendo com objetivo de reduzir custos e flexibilizar uma célula de manufatura. O robô manipulador é um dispositivo mecânico provido de instrumentos sensoriais para detectar informações sobre o meio circulante, que, processadas por mecanismos de cálculo, permitem ao sistema tomar decisões. Para refinar as noções gerais de um manipulador robótico é importante classificá-los de acordo com vários critérios tais como tecnologias de acionamento, configuração básica e tipos de junta.

- As duas tecnologias de acionamento mais comuns são a elétrica e a hidráulica. A maior parte dos manipuladores robóticos de hoje usam acionamento elétrico na forma de servomotores DC ou motores de passo DC. Porém, quando uma alta velocidade de manipulação de pesos substanciais é requerida, tal como em manuseio de aço fundido ou de peças da parte do automóvel, prefere-se utilizar robôs com acionamento hidráulico. Tanto os robôs de acionamento elétrico quanto os de acionamento hidráulico muitas vezes utilizam ferramentas pneumáticas ou “*end-effectors*”, particularmente quando a ação da garra requer apenas um simples tipo de operação de abre-fecha.
- Em sistemas robóticos, dois tipos de juntas são comumente utilizadas em robôs industriais: junta revoluta (tipo R) e junta prismática (tipo P).
- Em sistema robótico o tipo de configuração é importante para determinar o tipo de junta, o número de graus de liberdade, o tipo de acionamento e a instrumentação. As configurações básicas para um robô de três graus de liberdade (GDL) são: Cartesianas (PPP), Revolutas (RRR), Cilíndricas (RPP) e Esférica (RPR).

Através dos conceitos básicos envolvendo robótica, citados acima, define-se a configuração do manipulador para aplicar os métodos de projeto mecânico e dimensionar a estrutura mecânica; a especificação do servomotores; e a definição da instrumentação para informar o controlador a posição de cada junta do manipulador. O peso que a garra segurar e o movimentar é um fator muito importante no projeto do manipulador (robô). O robô é constituído de elos ou braços que formam a estrutura mecânica do robô, conforme ilustra a Fig. (1). Os elos ou braços devem possuir o menor peso possível, pois quanto maior a carga maior a dificuldade de movimentação, devido às forças de inércia. Com isso foi dada atenção especial para alívio de peso nos componentes mecânicos construídos como na Fig. (2).

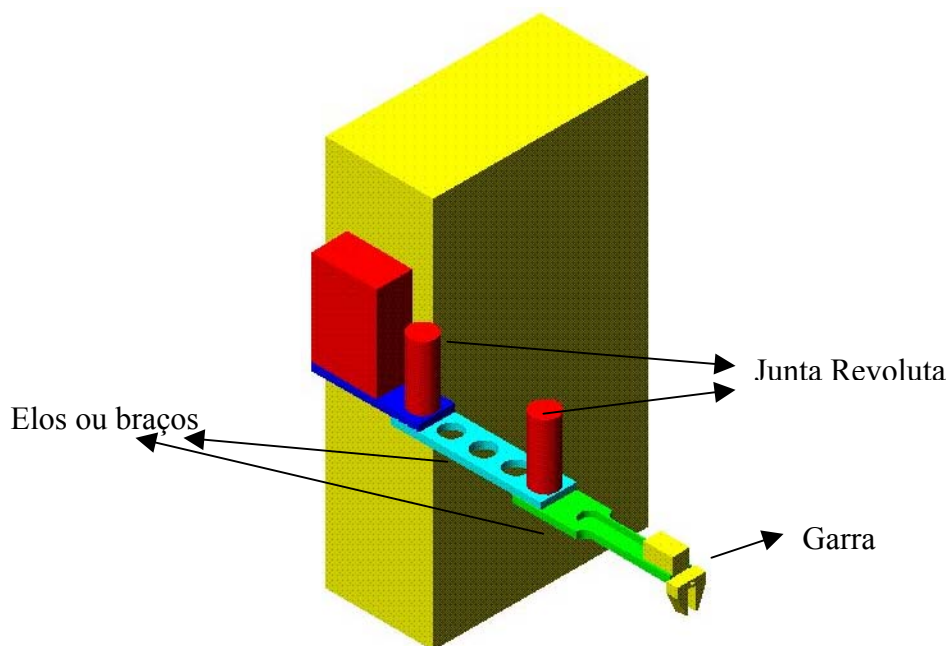


Figura 1. Elos e juntas de um robô em projeto

## 1.2. ESPECIFICAÇÃO DOS COMPONENTES

Os elos ou braços devem possuir o menor peso possível, pois quanto maior a carga maior a dificuldade de movimentação, devido às forças de inércia. Com isso foi dada atenção especial para alívio de peso nos componentes mecânicos construídos como na Fig. (2).

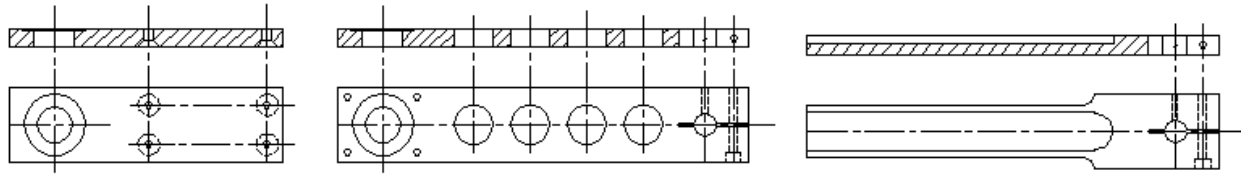


Figura 2. Desenho dos componentes mecânicos.

Os elos serão fabricados com material metálico do tipo alumínio. Assim, através das propriedades do alumínio, das condições dos componentes de fixação entre elos e juntas e as condições de acionamento dos motores (peso e torque), determinou-se às forças máximas admitidas em cada componente, estas forças estão descritas na Tab. (1) abaixo. A baixa carga de movimentação foi estimada a partir da carga que o sistema de garra, conforme Fig (1), pois a mesma não suporta muito peso por ser projetada com uma estrutura mecânica para pequenas cargas de movimentação.

Tabela 1. Valores das Forças Máximas Permissíveis nos componentes.

Peça	Força devido à tração (Kgf)	Limite de resistência à torção em Kgf.m	Limite de resistência à flexão em Kgf.m
Componente 1	1,0	0,5	0,2
Componente 2	1,0	0,5	0,2
Componente 3	1,0	0,5	0,2

## 2. FABRICAÇÃO E MONTAGEM

As partes mecânicas foram fresadas em alumínio conforme ilustra a Fig. (3). O sistema de fixação entre os elos e juntas será realizado por meio de parafusos para facilitar a montagem e a desmontagem do mesmo, bem como facilitar a manutenção dos componentes e ate intercambialidade entre sistemas robóticas.

Foi realizado um plano de fabricação das peças onde se determinou as ferramentas necessárias para a usinagem dos componentes, as velocidades de corte e a potência necessária a ser utilizada no processo, conforme Tab. (2).

Tabela 2. Tabela dos valores de referência utilizado no processo de usinagem.

Operação	Velocidade de Corte (m/min)	Avanço (mm/min)	Profundidade de corte (mm)
Fresamento	245	0,25	2,5
Furação Ø (26-30 mm)	160	0,12	-
Furação Ø (3-20 mm)	85	0,13	-

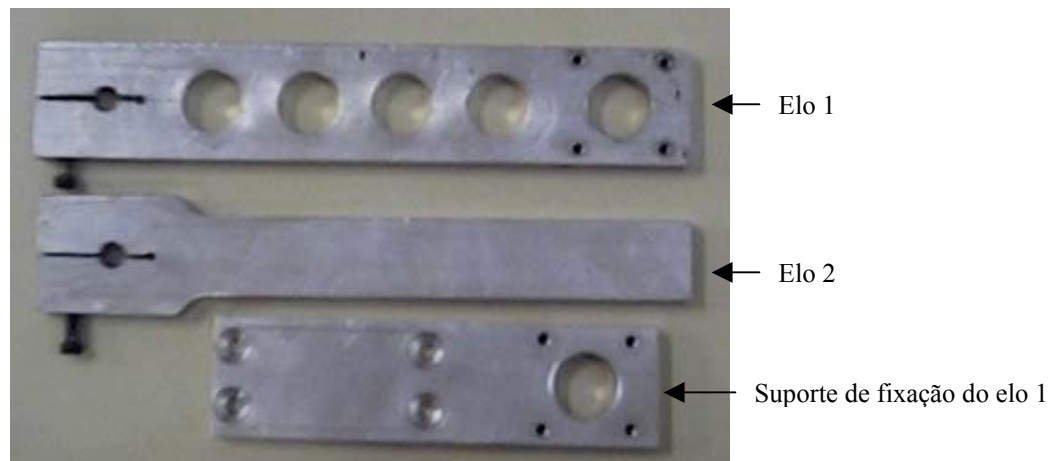


Figura 3. Foto dos componentes mecânicos.

### 3. SISTEMA DE ACIONAMENTO

Esse sistema será inserido na estrutura do manipulador para movimentar os elos. O robô em projeto possui três GDL do tipo PRR. A primeira junta prismática, possui um deslocamento vertical, será acionada por meio de um sistema eletropneumático. O cilindro é do tipo dupla ação e a válvula pneumática é do tipo 5/2 vias com duplo piloto, acionado por solenóides como visto na Fig. (4).

As juntas revolutas serão acionadas através de dois motores de corrente contínua (DC) de 35 volts e 0,5 amperes, como mostrado na Fig. (4).

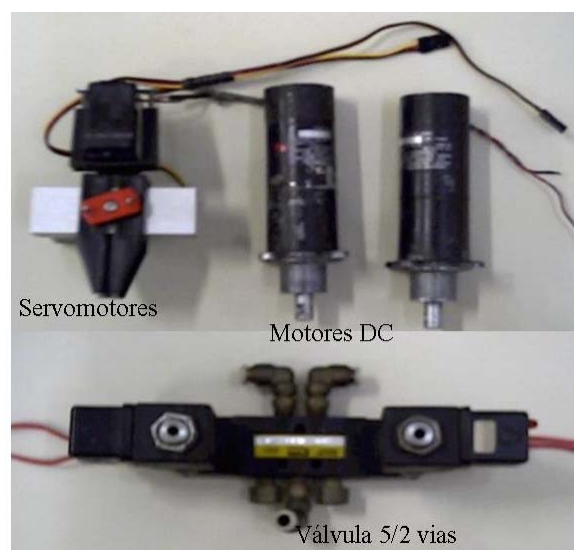


Figura 4. Componentes de movimentação do manipulador.

#### 3.1. SERVOMOTORES DC

Os motores de corrente contínua, ou motores DC, são utilizados nas áreas de racionalização e controle de processos. São compactos e possuem baixo nível de ruído. A principal vantagem deste motor é sua habilidade para obter uma longa faixa de velocidades ajustáveis.

As vantagens dos motores DC são:

- Linearidade;
- Larga faixa de velocidade;
- Pequena variação incremental de velocidades;

- Taxa específica de aceleração ou desaceleração.

Em um motor DC o membro rotativo é chamado de armadura. Este consiste de bobinas inseridas em um núcleo laminado. Os enrolamentos ondulados são usados para baixa tensão e altas correntes e os concentrados são usados em enrolamentos de alta tensão e baixa corrente. Os finais das bobinas são conectados às barras comutadoras. O comutador consiste de barras de cobre separadas por lâminas de mica. A mica faz a isolamento entre as barras de cobre. Cones e anéis de mica isolam as barras de cobre do núcleo de ferro e do eixo da armadura. A mica entre as barras comutadoras de cobre é colocada para prevenir interferências com o contato elétrico entre as escovas e a superfície do comutador.

Os Servomotores são motores que possuem uma retroalimentação. A posição (e muitas vezes também a velocidade e a aceleração) do dispositivo que está sendo controlado é medida por um sensor que envia a informação para um controlador, usualmente na forma de um sinal elétrico. O controlador, então, gera a ação de controle necessária para corrigir qualquer erro, por meio de um operador (fonte de potência).

### 3.2. CILINDRO PNEUMÁTICO

É um dispositivo que converte a energia contida no ar comprimido em trabalho. Os conversores de energia são os dispositivos utilizados para tal fim. Num circuito qualquer, o conversor é ligado mecanicamente à carga e, ao ser ativado pelo ar comprimido, sua energia é convertida em força que é transferida para a carga. Os cilindros pneumáticos fornecem movimentos retilíneos ao sistema.

Os cilindros de dupla ação são compostos por:

- Cabeçote dianteiro e traseiro;
- Camisa ou tubo de deslizamento;
- Êmbolo e haste;
- Guarnições.

### 3.3. VÁLVULA 5/2 VIAS DE ACIONAMENTO POR SOLENÓIDE

Os cilindros pneumáticos, componentes de máquinas de produção, para desenvolverem suas ações produtivas, devem ser alimentados ou descarregados convenientemente, no instante em que desejarmos ou de conformidade com o sistema programado.

Portanto, basicamente, de acordo com seu tipo, as válvulas servem para orientar os fluxos de ar, impor bloqueios e controlar suas intensidades de vazão ou pressão.

A solenóide é um conjunto cilíndrico de espiras que atua como um ímã quando permite a passagem de uma corrente elétrica. Os solenóides constituem o princípio básico dos motores elétricos, ao converterem energia elétrica em movimento mecânico. Em geral contém um núcleo de ferro (ou aço) maciço que concentra o fluxo magnético e se move quando a espira é eletrificada sob a ação do campo magnético. Na Fig. (5), tem-se um esquema do circuito pneumático do manipulador.

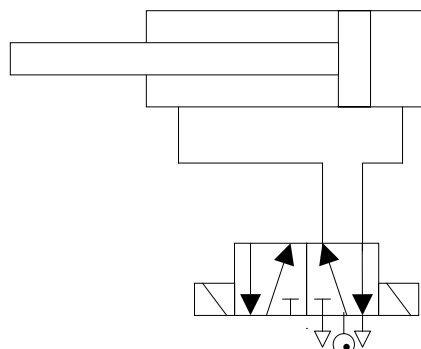


Figura 5. Esquema do circuito pneumático.

#### 4. INSTRUMENTAÇÃO DOS ELOS

Cada junta deverá informar a unidade de controle a posição angular, em tempo real, para posicionamento do robô no espaço cartesiano. As variáveis de junta revoluta serão medidas através transdutores potenciométricos do tipo resistivos, que convertera o deslocamento angular em uma tensão elétrica proporcional, conforme Fig. (6).



Figura 6 – Potenciômetro 10 voltas / Res.  $20K \pm 5\%$

## 5. SISTEMA DE INTERFACAMENTO

As placas de controle são divididas em três partes, placa de acionamento do solenóide do sistema eletropneumático, placa de acionamento dos motores DC e placa de interface entre os motores e o sistema de controle digital (conversor A/D) e entre os transdutores de posição e o sistema de controle (conversor D/A). Em geral as placas possuem os seguintes componentes: relês, reguladores de tensões, diodos, capacitores, transistores, resistores e um transformador. Segue na Fig. (7) o diagrama de blocos do sistema de interfaceamento.

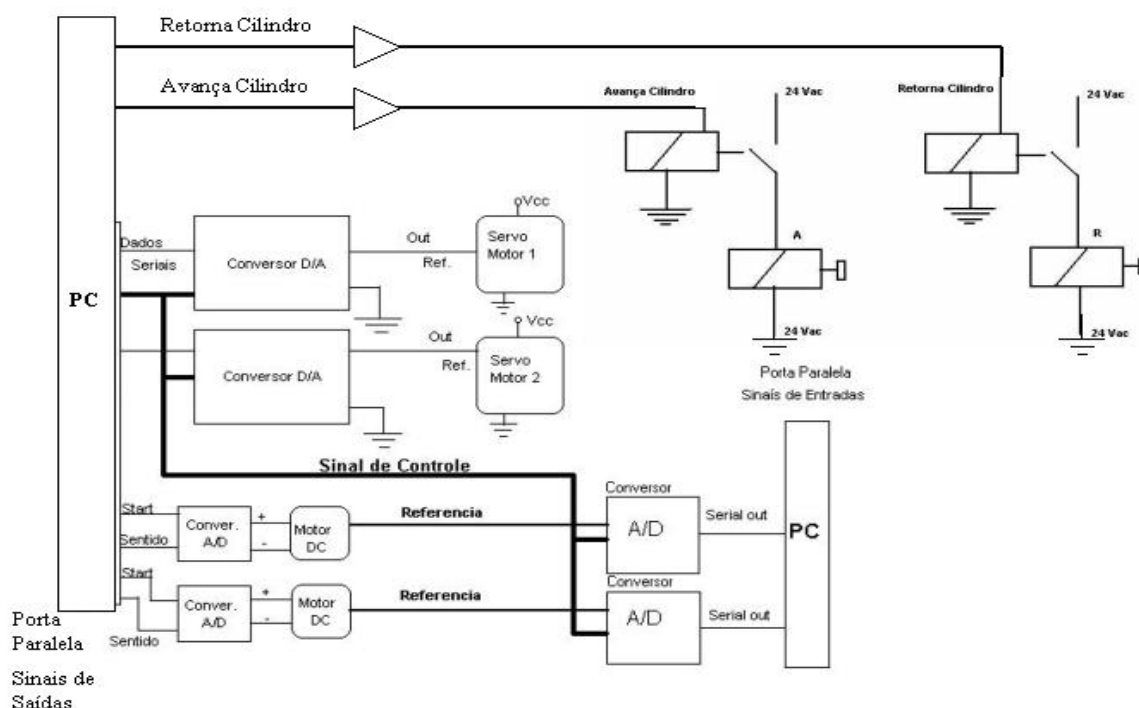


Figura 7. Diagrama de blocos do sistema de interfaceamento do manipulador.

## 6. PROGRAMAÇÃO DO MANIPULADOR

Visual Basic é uma linguagem de programação que permite a criação de aplicativos para o ambiente Windows. Através de ferramentas gráficas criou-se o ambiente do aplicativo de controle do manipulador, atribui-se suas características e gerou o código de maneira rápida e eficiente para controlar o posicionamento do robô. O Visual Basic trata-se de uma das linguagens mais utilizadas na programação atualmente.

Esta linguagem de programação possui algumas vantagens que foram levadas em consideração para elaboração do projeto:

- ✓ Ambiente de desenvolvimento que possibilita a criação de aplicativos de maneira rápida, oferecendo diversas ferramentas de depuração;
- ✓ Capacidade de programação para múltiplas plataformas, gerando aplicativos de 16 bits para o Windows 3.1 ou aplicativos 32 bits para o Windows 95 e Windows NT;
- ✓ Extensibilidade da linguagem, permitindo o acréscimo de controles personalizados para ampliar seus recursos;
- ✓ Linguagem de programação derivada do BASIC, comum aos aplicativos do Microsoft Office (VBA – Visual Basic for Application), permitindo a integração de suas funcionalidades através da automação OLE.

O programa recebe as informações do posicionamento de seus elos através do potenciômetro, analisa e compara com o valor definido, repete esta operação até que o elo atinja o valor estabelecido no programa.

Procurou-se elaborar uma programação simplificada e didática, onde se posiciona a garra do robô na posição desejada movimentando seus elos através do programa e logo após este posicionamento o programa fornece as coordenadas deste ponto. Estas coordenadas serão acrescentadas na programação na qual esta se elaborando através de um comando.

Portanto para cada ponto desejado na trajetória do manipulador, o mesmo é posicionado neste ponto e após a confirmação do comando no programa, este ponto da trajetória é enviado automaticamente para a programação, podendo ser repetido quantas vezes forem necessárias.

## 7. RESULTADO



Figura 7. Estrutura fixa do manipulador.





Figura 8. Cilindro e motor DC de acionamento da primeira articulação

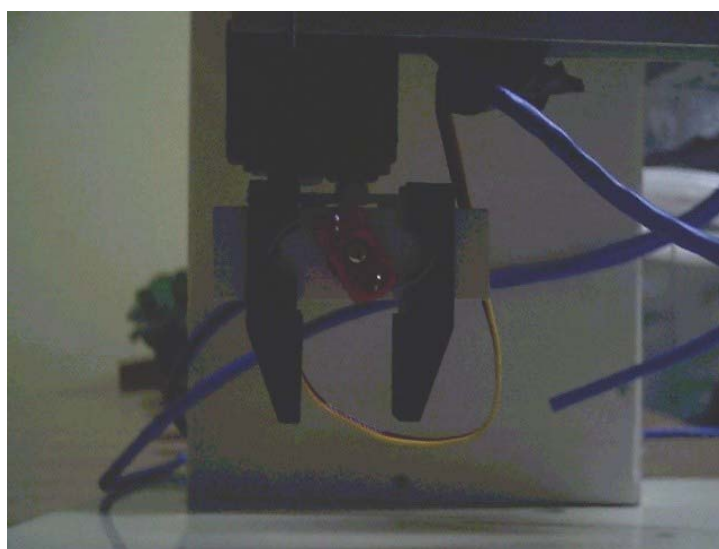


Figura 9. Foto da garra acionada pelo servomotores.



Figura 10. Foto do manipulador.



## **8. CONCLUSÃO**

O presente trabalho apresenta o projeto e controle de um robô manipulador de objetos. Para realização deste utilizou-se das tecnologias de projeto, robótica, sistemas eletropneumáticos, sistemas mecânicos, processos de fabricação, instrumentação e programação.

Este projeto visa a obtenção de um robô flexível, onde seja fácil a troca ou substituição de componentes (elos, motores e garras). Outro ponto muito importante observado foi o baixo custo de seus componentes o que o torna muito vantajoso. O deslocamento na vertical, através do cilindro pneumático, permite que o manipulador tenha uma grande velocidade em um eixo mas o inconveniente é que o mesmo só possui duas posições: totalmente avançado ou totalmente recuado; o cilindro não tem ponto intermediário para parada.

A programação de fácil entendimento e manipulação é uma outra vantagem do projeto, por se tratar de uma programação visual e simplificada a elaboração da programação de movimentação do robô se torna interessante e estimulante.

A grande dificuldade encontrada foi na integração de diversos elementos com objetivo de projetar um robô que atendesse com objetividade os seguintes itens: flexibilidade, grande área de trabalho, intercambialidade, baixo custo e fácil programação. O projeto alcançou seu objetivo, apenas o item de grande área de trabalho não foi alcançado, temos uma grande área de atuação do robô, mas a sua configuração não permite que esta área seja elevada, mas o projeto atende a necessidade para a qual o mesmo foi projetado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos à Deus pela saúde que temos, pelo estudo e pela família que possuímos. Agradecemos também à todos que suportaram nossa ausência neste tempo que nos dedicamos à concretização deste projeto. Agradecemos aos amigos que nos auxiliaram, meu chefe que ajudou no texto em inglês, as nossas namoradas que nos incentivaram e a minha mãe que limpava e arrumava a bagunça que fazíamos para construção do projeto.

## **REFERÊNCIAS**

Schilling, Robert J.; Fundamentals of Robotics Analysis & Control, 1990, p.1-9, Prentice-Hall.  
Fu, K. S. ; Gonzáles R. C. ; Lee C. S. G. ; Robotics: Control, Sensing, Vision, and Intelligence, 1987  
Diniz, Anselmo E.; Marcondes, Francisco C. M.; Tecnologia da Usinagem dos Materiais; Artliber, 2001  
Ogata, Katsuhiko; Engenharia de Controle Moderno. Prentice Hall  
Faires, Virgil M.; Elementos Orgânicos de Máquinas; LTC, 1976  
Rivin, Eugene T.; Mechanical Design of Robots, 1987, McGraw-Hill Book Company

## **PROJECT, CONSTRUCTION AND CONTROL OF A ROBOTIC MANIPULATOR OF THREE DEGREES OF MOVEMENT FREEDOM WITH ACTION ELECTRIC AND PNEUMATIC.**

**Rogério Muniz Ribeiro**

University of Taubaté – Daniell Danelli, St., s/n – Cep 12060-440 – [r.m.r@uol.com.br](mailto:r.m.r@uol.com.br)

**Rodolfo Soares da Silva**

University of Taubaté – Daniell Danelli, St., s/n – Cep 12060-440 – [rodolfos14@uol.com.br](mailto:rodolfos14@uol.com.br)

**Francisco Jose Grandinetti**

University of Taubaté – Daniell Danelli, St., s/n – Cep 12060-440 - [grandi@unitau.br](mailto:grandi@unitau.br)

## **ABSTRACT**

*This work consists in a project of a robotic manipulator with three degrees of movement freedom and action electric and pneumatic. This model of robotic manipulator has large use in assembly of electronic circuits boards. The project contains two DC motors that allow the movement in two degrees of movement freedom in plane horizontal (manipulator working area). Basically the movement in this plane will make possible to control the manipulator at position in the to working area. After the positioning, thru an interface system, the contact relay activates the pneumatic cylinder in vertical, afterwards the gripper is activated to make the desired task. This work's purpose is to study the using of a systems set (electronic interface, software, and mechanical systems) that can control the manipulator. The positioning control is composed of variable resistors installed at motors axes, that thru an interface boared and specific program, controls the robot. The pneumatic cylinder is controlled by an electric valve, actuated by the relay that receives the interface control information. The same interface control the servo-motor and DC motors too.*

**Keywords:** manipulator, robot, robotic, motors, control.