

## A CONSTRUÇÃO DE UM BRAÇO ROBÓTICO DE BAIXO CUSTO EM AMBIENTE INTERDISCIPLINAR

**PEDRO ARTHUR COGLIATTI<sup>1</sup>; MONICA VEIGA<sup>2</sup>; GILMAR PEREIRA DA CRUZ JUNIOR<sup>2</sup> ; MARCELO LEMOS ROSSI<sup>3</sup>; LUISA FÉLIX DALLA VECCHIA<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> CEng / UFPel – pedrosapeixoto@gmail.com

<sup>2</sup> GEGRADi / PROGRAU / UFPel – veiga.monica@gmail.com

<sup>2</sup> CEng / UFPel – gilmarpcjúnior@yahoo.com.br

<sup>3</sup> CEng / UFPel – marcelo.rossi@ufpel.edu.br

<sup>3</sup> GEGRADi / FAUrb / UFPel – luisafelixd@gmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

O projeto "Botando em prática o Aprendizado" surgiu em 2014 no curso de Engenharia e Controle de Automação. Em 2015 firmou-se uma parceria interdisciplinar, com o GEGRADi – grupo de estudos ensino e aprendizagem em gráfica digital, situado na faculdade de Arquitetura e Urbanismo da mesma universidade. Com o objetivo de fabricar um braço robótico de baixo custo, este projeto de automação, iniciado no âmbito da engenharia, conta com os recursos do desenho e impressão 3D, oferecidos pelo laboratório de fabricação digital do GEGRADi. Um robô industrial é definido como um "manipulador multifuncional reprogramável projetado para movimentar materiais, partes, ferramentas ou peças especiais, através de diversos movimentos programados para o desempenho de uma variedade de tarefas" (RIVIN 1988). O equipamento em questão é concebido sob os princípios da cinemática inversa e, uma vez construído, pode ser adaptado para atuar em diversas áreas devido à sua versatilidade. Este trabalho buscou ferramentas open source e objetos de aprendizagem online, com o objetivo de identificar parâmetros que possam baratear o custo deste equipamento, tornando-o assim mais acessível.

### 2. METODOLOGIA

Este trabalho está dividido em seis etapas, sendo que, algumas delas, são realizadas simultaneamente para que se complementem. São elas: Revisão; Seleção da tipologia a ser trabalhada; Desenvolvimento do protótipo; Apropriação da tecnologia; Fabricação; Teste.

#### 2.1 Revisão:

Inicialmente foram identificados os principais tipos de robôs industriais e seus respectivos fabricantes. De acordo com a IFR (International Federation of Robotics), os mais utilizados na automação industrial são os robôs articulados. Além destes a IFR classifica outros tipos como os robôs SCARA (Braço Robótico para Montagem com Flexibilidade Seletiva) e os robôs cartesianos (sendo esta categoria dividida entre os robôs de coordenada cilíndricas e os de coordenadas polares). Com o auxílio dos professores do curso e apoiando-se em CAING (2005), ROSÁRIO (2005) e CARRARA (2009), esboçou-se um braço robótico articulado composto por membros que são conectados através de juntas formando uma relação chamada de cadeia cinemática. A cinemática trata do estudo dos movimentos dos robôs e sua solução requer conhecimento de geometria, trigonometria e cálculo vetorial. O cálculo da cinemática, tanto direta quanto

inversa, requer o conhecimento do comprimento dos membros e as aberturas das juntas articuladas que o compõem.

## 2.2 Seleção da tipologia

Nesta etapa optou-se por estudar exclusivamente o braço robótico articulado. Na indústria, mesmo os modelos mais básicos, possuem no mínimo 5 ou 6 eixos de liberdade. Porém 2 ou 3 desses eixos servem para um ajuste fino e flexibilidade de ferramentas, sobrando os outros três como principais responsáveis pelo seu alcance. Neste projeto o foco do desenvolvimento se dá nos três principais eixos, deixando os outros 2 ou 3 eixos apenas como acabamento.

## 2.3 Desenvolvimento:

Nesta etapa alguns aspectos foram definidos para o funcionamento do braço robótico:

**A) Motor:** apesar de serem utilizados na indústria de automação, os sistemas pneumáticos e hidráulicos são caros e exigem muitos equipamentos para o funcionamento de um braço isolado. Por este motivo foram escolhidos motores elétricos, no caso, servomotores. A vantagem do uso deste tipo de motor é a possibilidade de controlar a sua movimentação e velocidade a fim de controlar sua posição com precisão (IRVING 1979). O braço é composto por dois membros e três juntas. Foi definido o uso de três servomotores, um para cada junta funcionando da seguinte maneira: um para rotação horizontal e os outros dois para posicionamento vertical, duas hastes (bíceps), que será controlado através de microcontrolador usando cinemática inversa. Dois tipos de servomotores foram selecionados: um Micro Servo 9g SG90 TowerPro (dimensões: 22mm x 12mm x 29 milímetros) e um Servo motor Motorsat (dimensões: 55mm x 30mm x 57mm).

**B) Controle:** Os microcontroladores (MCU) são dispositivos que possuem um processador, memória e periféricos de entrada/saída dentro de um mesmo chip. Eles permitem gravar um programa em sua memória e executar podendo, então, fazer controle de suas entradas/saídas.(TAUB, 1984). São suas vantagens o baixo custo, o tamanho reduzido e a necessidade de pouca energia para o funcionamento. Foi selecionado o microcontrolador ATmega 328p para as simulações, utilizando-se a Launchpad (placa didática de simulação), também conhecida como Arduino UNO. Cabe registrar que o modelo de microcontrolador utilizado pode ser alterado caso seja necessário. Além disso, não será feito o uso da Launchpad no formato final. Por se tratar de um projeto Open source, aberto à comunidade acadêmica e livre de patentes, não será possível a utilização da Launchpad do Arduíno e nem softwares que não sejam Open Source. Caso haja troca do microcontrolador, esta não afetará no funcionamento geral do braço robótico, uma vez que a programação sendo única, pode funcionar em qualquer microcontrolador do mercado com a compilação correta. A ATMega, fabricante do microcontrolador, oferece versões limitadas e gratuitas de seus softwares para serem baixados no seu site oficial. Neste caso, está sendo utilizado o software CodeVision versão de estudante de download gratuito.

**C) Cinemática e Peças Mecânicas:** Um manipulador é constituído de hastes e juntas que, unidos, descrevem um par cinemático e o conjunto desses pares cinemáticos forma uma cadeia cinemática (SHHEIBIA, 2001). Três pares cinemáticos são utilizados para o alcance. A cinemática inversa é a responsável por obter o controle em sincronia de todos os pares. Para o cálculo da cinemática é preciso criar uma referência básica e, a partir dela, levar as posições e orientações para cada uma das juntas, formando uma matriz. Para este cálculo se utiliza a convenção de “Denavit - Hatemberg”, um recurso matemático que facilita

o estudo em cinemática (CARRARA). O primeiro desenho do braço foi concebido levando em consideração somente o cálculo da cinemática. Apesar de um design prático, foi inviável quanto a montagem e concepção das peças. Uma vez determinada a impressão 3D por FDM como o método e o PLA como material de fabricação das peças, o projeto foi redesenhado considerando as possibilidades e limitações do método.

**D) Programação:** a programação está sendo desenvolvida em linguagem C/C++ e a sua implementação é em função do estudo da cinemática de robôs.

#### 2.4 Apropriação de Tecnologia:

Por se tratar de um projeto de acadêmicos em fase inicial de formação, que demanda conhecimentos avançados, foi necessário adiantar este conhecimento fora da sala de aula. O ambiente interdisciplinar do laboratório e a busca de ferramentas open source contribuíram para o empoderamento nas áreas de modelagem e fabricação digital (CAD/CAM) e programação C/C++, uma vez que as disciplinas que apoiam estas bases ainda não foram cursadas pelos alunos.

#### 2.5 Fabricação:

A fabricação das peças se dá através de impressão 3D por FDM em PLA. Caso as peças em PLA se mostrem frágeis para a aplicação, é possível substituir o material da impressora por ABS.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Até o momento da submissão deste resumo, as peças mecânicas necessárias pra montagem prototipada do braço robótico foram fabricadas. O foco atual é sobre a implementação da programação com a cinemática de robôs junto a integração com o microcontrolador. Após esta etapa, o projeto passará para a fase de testes. Entre os resultados obtidos até o momento, deve-se ressaltar o aprimoramento das técnicas de modelagem, bem como uma nova postura no pensamento projetual, considerando as possibilidades e limitações do processo de fabricação por impressão 3D. Além da apropriação da técnica e do conhecimento, este projeto está promovendo uma dinâmica de trabalho colaborativo em ambiente interdisciplinar, fomentando o processo criativo resultando em novas hipóteses de aplicação para o braço robótico. Também foi possível prever a economia no custo do equipamento produzido na universidade, ao se fazer uma tabela comparativa em relação ao custo de um robô industrial no mercado, conforme a imagem 1.

Imagen 1 – tabela comparativa

	Indústria		Projeto universitário	
Controle	CLP Weg Clic 02	R\$ 650,00	Microcontrolador AVR Atmega328p	R\$ 12,00
	Periféricos	R\$ 2.000,00	componentes eletrônicos	R\$ 20,00
Motores	Motor Servo Siemen 3000rpm 22,0nm 1fk70857af711eh3 R\$5.000,00 (unidade) x3	R\$ 15.000,00	Micro Servo 9g SG90 TowerPro R\$ 12,00 (unidade) x3	R\$ 36,00
			Servo motor Motorsat: R\$26,00	R\$ 26,00
Mecânica	Usinagem (convencional)	R\$ 840,00	Impressão 3D em PLA	R\$ 190,29
Software	Software Industrial	R\$ 10.000,00	Software open source	R\$ -
CustoTotal	R\$ 28.490,00		R\$ 284,29	

## 4. CONCLUSÕES

Este projeto está promovendo uma dinâmica de trabalho colaborativo em ambiente interdisciplinar, fomentando o processo criativo e a troca de conhecimento, resultando em novas possibilidades de aplicação do projeto em questão. Cabe ressaltar que a impressora 3D apresenta uma nova alternativa e mostra-se como solução para futuros projetos que dispensam usinagem. Espera-se que, a partir desta experiência, novas parcerias interdisciplinares sejam firmadas no âmbito da universidade.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### livros

CAING, J.C., **Introduction to Robotics: Mechanics and Control**, Pearson Education Inc., 2005, 3rd Edition.

ROSÁRIO, J. M, Princípios de Mecatrônica, São Paulo: Prentice Hall, 2005.

IRVING, L.K, **Máquinas Elétricas e Transformadores**, Porto Alegre, 1979, terceira edição. Ed. Prentice Hall

TAUB, Herbert, Circuitos Digitais e Microprocessadores, McGraw-Hill, 1984

### Apostila

CARRARA, V. **Apostila de Robótica**, 2009, (material de apoio) - Universidade Braz Cubas, Curso de Engenharia de Controle e Automação. acessado em 28 Junho 2015. Online. Disponível em: [http://www2.dem.inpe.br/val/homepage/cursos/rb\\_apostila.pdf](http://www2.dem.inpe.br/val/homepage/cursos/rb_apostila.pdf)

### Tese/Dissertação/Monografia

Shheibia. T. A. A. E., **Controle de um Braço Robótico Utilizando uma Abordagem de Agente Inteligente**, 2001, Tese (doutorado) - Universidade Federal da Paraíba, Centro De Ciências E Tecnologia - Departamento De Sistemas e Computação.

### Sites:

IFR. **História da robótica**. Secretaria IFR organizada pela VDMA , associação de máquinas da Alemanha em Frankfurt / Alemanha. 28 Junho 2015. Acessado em 28 Junho 2015. Online. Disponível em: <http://www.ifr.org/history/>