

DESENVOLVIMENTO DE BRAÇO ROBÓTICO PARA AUXÍLIO EM MOVIMENTOS REPETITIVOS PARA REABILITAÇÃO MOTORA: ESTUDO DE CASO DO ROBÔ DOMÉSTICO BR.ARM**DEVELOPMENT OF ROBOTIC ARM FOR AUXILIARY REPETITIVE MOVEMENTS FOR MOTOR REHABILITATION: CASE STUDY OF BR.ARM DOMESTIC ROBOT**Michael Moraes Sabino¹, Iandley Silva Santos Amaral²

RESUMO: Este projeto apresenta o desenvolvimento de um robô para o auxílio no tratamento de pessoas com deficiência motora. O robô permite criar exercícios utilizando um controlador, onde de acordo com cada paciente o tipo de tratamento pode ser diferente. Ao executar um exercício gravado, o paciente acompanha e representa com seu próprio corpo, reproduzindo em tempo real os seus movimentos. Os testes foram realizados apenas e somente com objetos pequenos que comprovaram a eficácia no uso do braço mecânico em repetição de movimentos para reabilitação dos mesmos. O robô ainda é um protótipo pequeno e de baixo custo e por este motivo não houve a possibilidade de testes reais com seres humanos. Para desenvolvimento do braço robótico utilizou-se o ambiente de desenvolvimento Arduino, com a linguagem de programação C. Além do projeto ser de pequeno porte, o protótipo construído é objetivo e prioriza a lógica para se entender como funciona e como deve ser controlado o robô.

PALAVRAS-CHAVE: Robótica. Controlador. Arduino. Reabilitação. Fisioterapia.

ABSTRACT: *This project presents the development of a robot to aid in the treatment of people with motor disabilities. The robot allows you to create exercises using a controller, where according to each patient the type of treatment may be different. When executing a recorded exercise, the patient accompanies and represents with his own body, reproducing in real time his movements. The tests were performed only and only with small objects that proved the effectiveness in the use of the mechanical arm in repetition of movements for their rehabilitation. The robot is still a small prototype and low cost and for this reason there was no possibility of real tests with humans. For the development of the robotic arm, the Arduino development environment was used, with the programming language C. In addition to the small project, the built prototype is objective and prioritizes the logic to understand how it works and how the robot should be controlled.*

KEYWORDS: Robotics. Controller. Arduino. Rehabilitation. Physiotherapy.

¹ Graduando em Ciência da Computação -. Universidade UNIVERITAS/UNG. Michael.MMS.Sabino@gmail.com

² Graduando em Ciência da Computação -. Universidade UNIVERITAS/UNG. iandleyoliveira@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Para pessoas com deficiência causadas por alguns casos específicos de lesões, o simples fato de se movimentar pode ser um sacrifício. Um sistema de reabilitação robótico para o treinamento muscular, é algo complexo para todos os níveis de gerenciamento que envolvam procedimentos de mecânica relacionando com a programação que utilizem microcontroladores. A dificuldade de implementação devido ao fato da necessidade da grande escala de alocação em pequenos espaços de armazenamento de memória para realizar os movimentos de estabilidade e tarefas programadas ao robô, seguindo sequencialmente as ordens para a perfeita medição da trajetória (SHHEIBIA, 2001).

A tecnologia evolui conforme a necessidade em que as realizações de atividades necessitam, em sua presença, meios tecnológicos, ou algum tipo de processo de produção como, confecção de produtos industriais de consumo, transações comerciais, produções áudio visual, sistemas de telecomunicações. A tecnologia causa transformações profundas na qualidade da automação e robótica com precisão de manipulação de objetos e permitindo até desenvolvimento para a implantação do braço robótico com interação humana, que pode ser utilizado em qualquer ambiente como por exemplo: hospitais, empresas para o auxílio de levantamento de peso, clínicas de fisioterapia para a reabilitação de movimentos repetitivos e doméstico; por conta disto, uma sequência de movimentos repetitivos necessários a um processo do dispositivo que sequencialmente grava e reproduz no braço robótico os passos necessários tanto para uso profissional quanto amador.

O objetivo da pesquisa foi desenvolver um braço robótico para auxiliar pessoas com pouca ou nenhuma mobilidade corporal, a fim de melhorar e experimentar exatamente o que pode ser ensinado para o robô, utilizando interação robótica, permitindo realocar na sociedade pessoas que sofrem algum tipo de deficiência e para isso são necessárias vários tipos de tratamentos especiais (NUNES, 2012).

Com o desenvolvimento do braço robótico é possível diminuir o custo de compra de vários equipamentos para exercícios específicos, economizar também na locomoção do paciente para uma clínica ou hospital, assim alguém leva o robô ao paciente para desenvolver os movimentos necessários para recuperação da lesão.

MÉTODOS

Para a compreensão no desenvolvimento do protótipo, foram estabelecidos alguns passos.

Passo número 1: envolveu a definição de quais elementos usar para construção, levando em con-

ta custo, tempo, recursos e toda a parte mecânica e para que pudesse desenvolver algo sustentável foi necessário utilizar na estrutura materiais coletados de móveis antigos e parafusos reciclados. Após a construção das partes de manipulação, iniciou-se a pesquisa de quais seriam escolhidos os materiais eletrônicos para a composição final de baixo custo e o projeto tem cunho acadêmico. A necessidade para a formação do projeto, baseou-se em automação industrial e robótica, a possibilidade de procurar por um braço mecânico que utilizasse motores.

Para movimentar as partes mecânicas utilizou-se servomotores que segundo FERREIRA e ALVES (2013), por ser uma peça fundamental e muito utilizada para movimentos de pernas e braços de robôs. Um dispositivo que recebe energia e converte em sinais modulando sua forma, uma de suas características é tanto o uso da corrente contínua quanto a corrente alternada, com isso estabelecendo a sua atual posição para o estado desejado. Os servomotores escolhidos para a base do braço mecânico foram os servos da *TowerPro-MG995* com tensão de operação: 4,8 – 7.2V, alto Torque de 13 kg.cm (4,8V) e 15 kg.cm (6,0V). Engrenagens metálicas são apresentadas na Figura 1 e são mais resistentes que as engrenagens de plástico convencionais.

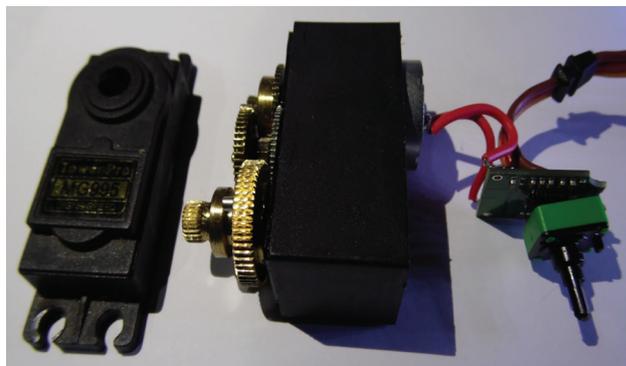


Figura 1 - engrenagens de metal

Segundo FERREIRA e ALVES (2013), estas peças são perfeitas para altas rotações e cada servomotor tem em suas dimensões 40 x 19 x 43mm, que são próprios para aplicações robóticas e a escolha se deu, por que estes servomotores apresentam valores de faixa de rotação de 180° que são adequados para a finalidade desejada de rotação angular. Outra vantagem apresentada pelo servo escolhido é sua velocidade de operação que é de aproximadamente 0,17seg/60graus (4,8V sem carga).

O servomotor possui em seu interior um sistema eletrônico para seu controle e um potenciômetro que está ligado no eixo de saída. Segundo FERREIRA e ALVES (2013), este potenciômetro (aparelho que mede as diferenças de potencial elétrico como divisor de tensão), possibilita ao circuito de controle monitorar todos os ângulos do eixo em que se en-

DESENVOLVIMENTO DE BRAÇO ROBÓTICO PARA AUXÍLIO EM MOVIMENTOS REPETITIVOS PARA REABILITAÇÃO MOTORA: ESTUDO DE CASO DO ROBÔ DOMÉSTICO BR.ARM
Michael Moraes Sabino, Iandley Silva Santos Amarel

contrar o servomotor, a Figura 2 mostra o potenciômetro e sua placa controladora. A Figura 3 mostra as partes que compõem o servo *TowerPro-MG995* Segundo.

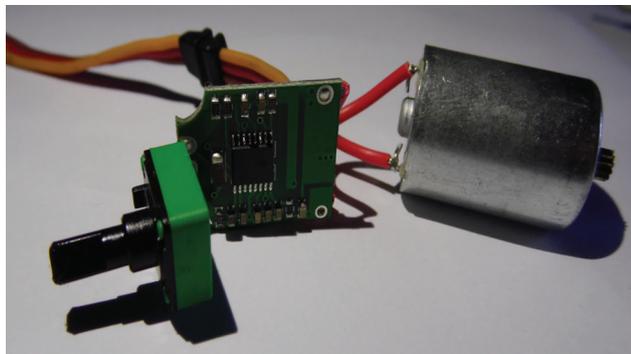


Figura 2 - circuito interno

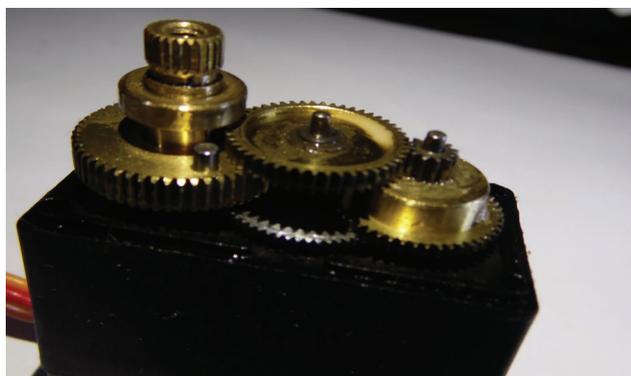


Figura 3 – servomotor MG995

Se o eixo estiver no ângulo correto, o motor para. Se o circuito detectar que o ângulo está incorreto, o motor é ativado até que o ângulo desejado seja alcançado. Nas engrenagens de um servomotor existe um limitador que atua no ângulo de giro do eixo central, fazendo com que varie de 0° a 180°. O servomotor padrão pode girar aproximadamente 180 graus (90° em cada direção) (FERREIRA e ALVES, 2013).

Baseando-se nesses servomotores Figura 3 foi definido qual robô seria utilizado para desenvolver o braço robótico.

Passo número 2: escolher a área de aplicação em que o robô pudesse ser inserido, que era a ideia de reabilitação e coordenação motora de pessoas com necessidades especiais. O braço robô poderia ser utilizado em qualquer ambiente desde que houvesse espaço o suficiente para a sua aplicação, e uma segunda pessoa para comandar seus movimentos junto ao paciente em questão de ser reabilitado com movimentos repetitivos.

Passo número 3: foi desenvolvido um controle com sinais analógicos visto no próximo parágrafo, o material do controle é composto por uma base de madeira, quatro potenciômetros para a medição dos valores correspondentes a posição dos servomoto-

res no corpo do braço mecânico e um *push button* (são botões de pressão) para gravar a posição em que se encontra os servomotores quando pressionado. Foi necessário desenvolver o código em linguagem C que, a princípio, é uma linguagem criada por programadores para programadores e é a maneira com que as palavras formam uma estrutura sintaticamente correta para resolver um determinado problema (TEDESCO, 2012). Considerada de propósito geral, ou seja, é uma linguagem capaz de ser usada para praticamente qualquer tipo de projeto. O código foi desenvolvido e baseado em simetria que é tudo que pode ser dividido em partes, onde ambas devem coincidir perfeitamente quando sobrepostas. O foco do código foi a repetição de movimentos para reproduzir sinais analógicos e digitais utilizando potenciômetros para o controle de servomotores.

Os sinais analógicos e digitais são completamente diferentes, mas, estão relacionados, como em termômetros, um analógico com mercúrio dentro e um digital com componentes eletrônicos, ambos cumprem a mesma tarefa de medir a temperatura, porém, a metodologia utilizada é totalmente diferente, explica MORAES (2012). No executar do código é feita uma primeira leitura no sensor, utilizando a função *analogRead()* que faz comparações entre os valores correspondentes de 0 a 1023 na escala de leitura analógica. O microcontrolador *ATmega* converte o sinal analógico para o digital. A Figura 4 mostra dois tipos de sinais, um analógico e outro digital e o braço robótico utiliza os dois sinais para controle.

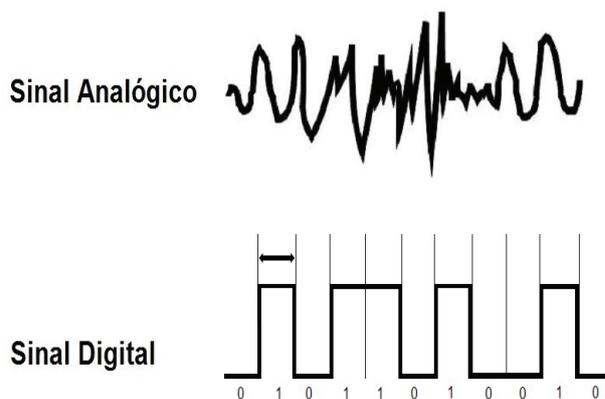


Figura 4 - analógico e digital

Para controlar estes sinais e transformá-los em códigos foi necessário acrescentar um controlador que utiliza sinais analógicos dos potenciômetros para comandar os sinais digitais dos servomotores.

A principal característica estudada no código foi a base do controlador que serve de guia para o robô, dentro de um espaço delimitado estabelecendo o acionamento dos motores para que o robô chegue em seu objetivo utilizando um dispositivo que permite variar sua resistência manualmente na escala do po-

DESENVOLVIMENTO DE BRAÇO ROBÓTICO PARA AUXÍLIO EM MOVIMENTOS REPETITIVOS PARA REABILITAÇÃO MOTORA: ESTUDO DE CASO DO ROBÔ DOMÉSTICO BR.ARM
Michael Moraes Sabino, Iandley Silva Santos Amarel

tenciômetro, entre um valor mínimo de 0 e um valor máximo de 1023 utilizando potenciômetros. Explica Rocha Filho (2003), é nada mais que um resistor variável que utiliza como base o grafite que é material condutor, porém a resistividade tenha relativos quando comparada com outros materiais no geral. O que diferencia na utilização é a técnica, de modo que essa resistência possa variar. Figura 5 representa a ilustração da parte interna do eixo de um potenciômetro.

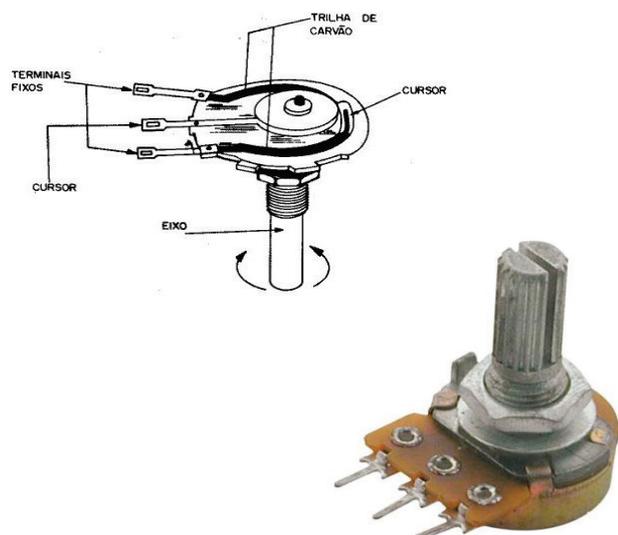


Figura 5 - potenciômetro linear. Labeletronica

Para desenvolver o código e leitura de deslocamento do potenciômetro foi necessário utilizar uma entrada analógica para ler o valor da tensão e assim transformar as posições interpolando com a função "map", que segundo (RODRIGUES, 2014), faz comparações e converte os resultados correspondentes lido posição analógicas com valores de 0 até 255, onde o valor 255 é correspondente ao total de 100% de todo o pulso de saída, entendendo que 0 é igual a Zero volts e 255 é igual a 5 volts, a função Map utiliza os valores da variável que varia de 0 a 1023 para converter em número de 0 a 255. Então com este método obteve a referência de valores correspondente a posição encontrada no potenciômetro como respectivo valor do servomotor, que podem ser vistos na Figura 6 escritos para fácil entendimento.

```
const int analogPin = A0;
int valor;
int posicao;

void setup() {
}

void loop() {
  valor = analogRead(analogPin);
  posicao = map(valor, 0, 1023, 0, 180);
  delay(1000);
}
```

Figura 6 – código da função "map".

Passo número 4: utilizando um Microcontrolador como base principal do robô na tentativa de replicar os passos e gravar os dados de posições repetidas em uma matriz. O microcontrolador foi fundamental para processar todos os dados do código escrito e guardar suas informações, ele contém uma série de terminais que podem ser chamados de pinos ou pernas, e funcionam como entradas e saídas de sinais analógicos e também digitais. Para entender o conceito de entradas e saídas, podemos pensar em sinais de tensão. Uma entrada é um terminal que permite a aplicação de um sinal, que por sua vez permite ao microcontrolador interpretar o que está acontecendo e que deve se comportar de determinada maneira. O microcontrolador ATMEL ATMEGA328, um dispositivo de 8 bits com arquitetura RISC avançada (*Reduced Instruction Set Computer*) computador com conjunto reduzido de instruções, que segundo Azevedo (2014), a característica mais marcante é a menor quantidade de instruções e tamanho fixo e a tendência de possuir um conjunto de instruções menores do que de outras máquinas com mesma capacidade. O ATMEGA328 conta com 32 KB de Flash, mas 512 Bytes são utilizados para o bootloader, 2 KB de RAM (*RANDOM ACCESS MEMORY*) memória de acesso aleatório, volátil, segundo Daniel (2014). Memória que rapidamente é apagada pelo computador quando reiniciado e para cada bit a RAM utiliza um endereço de linha e um de coluna, os dados são enviados por barramentos ao microcontrolador onde deverão ser alocados em uma memória de dados. e 1 KB de EEPROM (*electrically erasable programmable read-only memory*), memória somente de leitura programável e apagável eletricamente, segundo FABRI JUNIOR (2014), este chip é conveniente para aplicações que exijam memória estável e que durem longos períodos sem energia e também pode ser reprogramada. Na Figura 7 vemos a configuração do microcontrolador que pode operar até 20 MHz, mas

trado na Figura 8 e 9. Os graus de liberdade, ângulos verticais e horizontais permitem modificações de conjunto na memória do programa (SHHEIBIA, 2001).

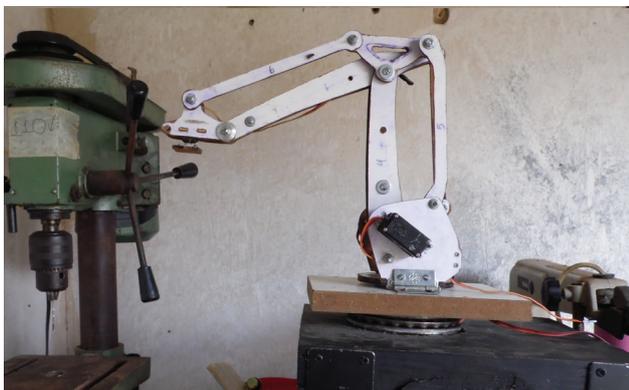


Figura 8 - Anatomia com 3 graus de liberdade

Segundo SOUZA, *et al.* (2012, p. 4), “Todas essas medidas são definidas de acordo com a necessidade de alcance do braço, e são determinantes para o cálculo de torque que cada atuador deve ter.”

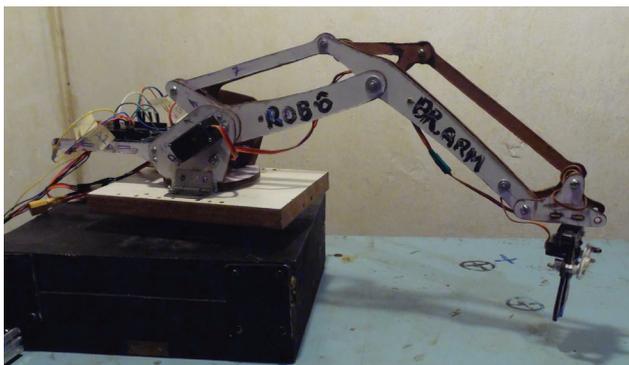


Figura 9 – Desempenho da Articulação

O desenvolvimento do braço robótico sendo de grande valia, pois sua implementação possibilita que pessoas com alguma necessidade especial se recuperem no conforto de suas residências. Além do robô ajudar em tarefas diárias que antes não seriam possíveis de serem realizadas sozinhas e sem a ajuda de terceiros.

DISCUSSÃO

Ao término da construção deste projeto, foram propostas algumas atividades da qual o robô deveria seguir facilmente. Algumas dificuldades foram colocadas visando a necessidade de entender onde chegar com a mediação de espaço de memória programada, até mesmo para saber onde o robô conseguiria chegar ao se locomover. Alguns dos testes foram realizados com mais facilidade e rapidamente foi necessário aumentar os desafios para elevar a proposta da pesquisa, que para este

caso é armazenamento de dados e repetições posteriores as posições alocadas. Com o primeiro teste foi entendido que o braço robótico quando tem sua garra voltada para baixo de forma que consiga pegar um objeto que esteja fixo sobre uma superfície reta tem seu desempenho melhorado, visto que um outro ângulo adicionado para girar da posição vertical para a horizontal seria essencial, assim como um braço humano, porém isso acrescentaria mais um servomotor ligado ao braço robótico na parte de punho, e de momento não se fez necessário. Com as tentativas subsequentes a tentar entender a forma de como manipular um braço robótico que gerasse resultados ótimos e que desempenhasse uma estimativa de erros baixa foi acrescentado um redutor de tensão que é uma fonte reguladora de energia para os servomotores, para que os movimentos bruscos fossem cessados e que não trouxessem riscos a integridade física de quem estivesse manipulando o robô. Seguindo as etapas de evolução, notou-se que desempenhar longas atividades para armazenamentos não eram tão vantajosas e viáveis como se esperava de início, mas para fim de estudo fez-se necessário tanto o entendimento proposto quanto as tentativas de erro para formar a capacidade de produzir um novo sistema, com motores maiores e visando o baixo custo, assim como os dados coletados neste projeto fez-se a compreensão de como evoluir e por onde devemos seguir para desempenhar novos rumos a visão de como podemos mudar o mundo. Vendo a estrutura de madeira coletada de onde seria apenas material desgastado e de fim inutilizado, parafusos reutilizados e fios que já não se faziam mais necessários entendo que a maior parte da pesquisa foi concluída com sucesso pois no início procurou entender o estudo para ajudar pessoas com deficiência motora e acabou elevando-se para junção de outra área que é a reciclagem de materiais que ainda com vida útil e podem ser reutilizados por muito mais tempo. E para que não houvessem alguns movimentos desnecessários, precisou-se apenas soltar o controlador, que é a base simétrica do robô, ele quem faz e controla as posições, o robô apenas repete seus movimentos, após toda conferência de posições e variáveis entendeu-se que para fidelizar e deixar um robô com movimentos mais humano, necessitaríamos de um sensor com maior precisão, porém com valores muito mais elevados, que não se fez necessário no momento. O estudo tem cunho acadêmico e foi desenvolvido um protótipo pequeno de baixo custo, até mesmo para a pesquisa estaria inviável utilizar um microcontrolador deste porte, pois sua baixa arquitetura não aceitaria padrões tanto de códigos maiores e complexos quando de *hardware*, além disso existe algumas leis que proíbem a utilização

de projetos deste tipo com seres humanos, para tal propósito, necessitaríamos de alguns tipos de avaliações como as diretrizes e Normas Regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. As tais inspeções rigorosas, fiscalização, carteirinha, imposto, conselho de ética vigente em nosso país entre outros.

CONCLUSÃO

Elaborar um programa que controle um braço mecânico a distância parecia de início muito complicado. Passando pelos desafios de criar ou melhorar uma ideia em prol da sociedade, fazendo assim atividades que necessariamente formariam um entendimento individual e talvez a pós criação na melhora de um dispositivo mecânico ou ao todo o intelecto individual. O desenvolvimento do mesmo em escala maior não foi possível devido a necessidade de motores maiores e também levando em conta os elevadíssimos valores de todos os materiais e componentes necessários impossibilitando um melhor desempenho na pesquisa e desenvolvimento. Além do projeto ser de pequeno porte, o protótipo construído é objetivo e prioriza a lógica para o entendimento de como funciona e de como deve ser controlado o robô, assim como foi descrito o mecanismo não pode ser testado em seres humanos por motivos de custos, tamanho do protótipo e algumas leis regem a ética. Já em outra via a conclusão de todos os testes e propostas foram concretizadas em objetos pequenos e adaptados. Utilizando um pequeno pedaço de metal pode-se notar que o braço robótico conseguiu manipular de uma marcação a outra sem grandes esforços ou perda do objeto pela garra do robô. Todos os testes de manipulação, movimentos e estabilidades foram testados, verificou-se os movimentos de rotação horizontal do ângulo 0 aos 180 graus, onde é a posição máxima do servomotor, não houve perda de sinal, força, estabilidade. Fez-se também os testes na vertical, onde constatou-se que a garra consegue alcançar exatamente todos os objetos colocados em seu campo de visão, não houve problemas com quedas de energia ou quaisquer outras questões. Para uma eventual pesquisa e provavelmente o desenvolvimento de um robô em tamanho maior, deve-se recomeçar a pesquisa do zero, eventualmente corrigindo possíveis erros causados pelo tamanho e capacidade do robô.

Durante o desenvolvimento da pesquisa, iniciou-se uma segunda via, que visa a melhoria do braço robótico, o próximo passo será simplificado e utilizará um sistema de comandos de voz para movimentar o robô.

BIBLIOGRAFIA

AZEVEDO, D. I. O.; OLIVEIRA, N. M. **Comparação entre as arquiteturas risc. e cisc.** Disponível em: http://ww2.deinfo.ufrpe.br/sites/ww2.deinfo.ufrpe.br/files/artigos_aoc/Artigo%20%20-%20Di%C3%B3genes%20e%20Nicolas%20-%20risc%20vs%20cisc%20%28corrigido%29.pdf Acesso em: 02 maio 2018.

CAMPOS, A. **Como fazer upload de programas para um atmega na protoboard usando um arduino.** Disponível em: <https://br-arduino.org/2015/06/atmega-standalone-programar-com-arduino.html>. Acesso em: 09 abr. 2018.

ATILIO, Daniel, H. S.; ARROYO, Gabriel, C.; SILVA, Luis A. da. **Sistema de aprendizado de linguagem de acesso à dados em um simulador compacto de banco de dados (ferramenta tupan).** Bauru: São Paulo. Disponível em: [http://www.fatecbauru.edu.br/mtg/source/Sistema%20de%20Aprendizado%20de%20Linguagem%20de%20Acesso%20de%20Dados%20em%20um%20Simulador%20Compacto%20de%20Banco%20de%20Dados%20\(.pdf](http://www.fatecbauru.edu.br/mtg/source/Sistema%20de%20Aprendizado%20de%20Linguagem%20de%20Acesso%20de%20Dados%20em%20um%20Simulador%20Compacto%20de%20Banco%20de%20Dados%20(.pdf). Acesso em: 03 maio 2018.

FABRI JUNIOR, L. A. **O uso de arduino na criação de kit para oficinas de robótica de baixo custo para escolas públicas.** Limeira: São Paulo, 2014. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/267704>. Acesso em: 02 maio 2018.

FERREIRA, E. D. P.; ALVES, N. D. L. A. **Braço articulado com controle proporcional de movimento comandado via bluetooth por um aplicativo desenvolvido para plataformas android.** São José dos Campos: São Paulo, 2013. Disponível em: <http://biblioteca.univap.br/dados/000005/0000053d.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2018.

LABELETRONICA. **Resistores variáveis disponível em:** <http://www.labeletronica.com/eletronica-para-informatica/resistores-variaveis>. Acesso em: 04 abr. 2018.

MORAES, E. P. **Seguidor solar de um único eixo inclinado.** Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.repositorio.uniceub.br/bitstream/235/3636/3/Monografia%20EULER%20MORAES%20-2-2012.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2018.

NUNES, W. M. **Desenvolvimento de uma estrutura robótica atuada por cabos para reabilitação/recuperação dos movimentos do ombro humano.** Uberlândia, MG, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14900/1/d.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2018.

OLIVEIRA, H. M. D.; SILVA, R. O. **Braço robótico manipulado através de movimentos reais de um braço humano rio verde.** Goiás. Disponível em: <http://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/BRA%C3%87O%20ROB%C3%93TICO%20MANIPULADO%20ATRAV%C3%89S%20DE%20MOVIMENTOS%20REAIS%20DE%20UM%20>

DESENVOLVIMENTO DE BRAÇO ROBÓTICO PARA AUXÍLIO EM MOVIMENTOS REPETITIVOS PARA REABILITAÇÃO MOTORA: ESTUDO DE CASO DO ROBÔ DOMÉSTICO BR.ARM
Michael Moraes Sabino, Iandley Silva Santos Amaral

BRA%C3%87O%20HUMANO.pdf. Acesso em: 30 mar. 2018.

ROCHA FILHO, J. B.; COELHO, S.; SALAMI, M.; MACIEL, R. M.; SCHRAGE, P. U. **Resistores de papel e grafite: ensino experimental de eletricidade com papel e lápis.** Porto Alegre, 2003. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/10006/14548>. Acesso em: 21 abr. 2018.

RODRIGUES, R. F.; CUNHA, S. L. S. **Arduino para físicos uma ferramenta prática para aquisição de dados automáticos.** Porto Alegre, 2014. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/rodrigues_v25_n4.pdf. Acesso em: 21 abr. 2018.

EL SHHEIBIA, Tarig Ali Abdurrahman. **Controle de um braço robótico utilizando uma abordagem de agente inteligente.** Campina Grande, PB, 2001. Disponível em: http://docs.computacao.ufcg.edu.br/posgraduacao/dissertacoes/2001/Dissertacao_TarigAliAbdurrahmanElShheibia.pdf. Acesso em: 22 mar. 2018.

SOUZA, G. M.; DELGADO, M. X. T.; CRUZ, T. X. (Org.). **Construção de um braço robótico controlado a partir de um FPGA.** Ilhéus: Bahia, 2012. Disponível em: <http://revistas.unoeste.br/revistas/ojs/index.php/ce/article/view/704/935>. Acesso em: 26 mar. 2018.

TEDESCO, P. C. A. R.; AURELIANO, V. C. O. **Avaliando o uso do scratch como abordagem alternativa para o processo de ensino-aprendizagem de programação.** Recife, PE, 2012. Disponível em: <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/wei/2012/006.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2018.