



**Engenharia da Computação**  
**DISPOSITIVOS E CIRCUITOS ELETRÔNICOS I – Prof.: Raquel Galhardo**  
**CONVERSÃO ELETROMECAÂNICA DE ENERGIA – Prof.: Claudio Magalhães**  
**1º Semestre 2022**

**Eduardo Guimarães Corrêa - RA: 185698**  
**Luiz Ricardo Fávaro Corrêa - RA:185675**  
**Geovanne Pelozzone Nery - RA: 185335**  
**Henrico Santa Rosa - RA: 186099**

## 1. Introdução

“A robótica faz parte do cotidiano da indústria, com o passar dos anos foi sendo aprimorada e a cada dia novos avanços são feitos na área da robótica, por essa razão a robótica foi se tornando a cada dia mais acessível, com a crescente do mercado de projetos com microcontroladores, qualquer pessoa com conhecimento em eletrônica, consegue hoje construir seu próprio protótipo de braço articulado. **(VALERIO, R; GARCIA, M. V. R., 2014)**”

Um dos microcontroladores mais populares para desenvolvimento de projeto é o ATMEGA 238P, que é responsável pela placa conhecida como Arduino UNO, com esse produto ficou extremamente acessível o desenvolvimento de projetos de automação e principalmente de projetos estudantis, como o projeto que está descrito abaixo nessa documentação.

Nosso objetivo nesse projeto é a construção e desenvolvimento de um braço articulado utilizando impressão 3D, utilizando a placa Arduino UNO com o microcontrolador ATMEGA 238P, e utilizando motores do tipo “servo”, os modelos MG995R e SG90 serão utilizados para automatização do braço.



*Figura 1 – Servo MG995R*

## **2. Metodologia**

Será construído um braço com tamanho total de 55 cm, com uma garra de 15 cm, com controle via potenciômetro tipo B10K, 3 Servos MG995R e 2 servos SG90, para alimentação será utilizada uma fonte externa de 5V e 5<sup>a</sup>.

### **2.1. Componentes das PCB**

Os componentes em questão que serão usados na PCB:

- 2x Servo SG90
- 3x Servo MG995R
- 15x Borne de 3 vias
- 8x Resistores de 330
- Barra de pinos
- Fonte externa de 5V 5A

### **2.2. Componentes complementares**

Componentes que fazem parte do projeto são:

- 5x botões de 2 vias
- 5x potenciômetros de 3 vias
- Uma chave liga / desliga



*Figura 2 – Visão aérea do projeto com a tampa aberta*

### **3. Desenvolvimento**

#### **3.1. Encapsulamento e modelagem 3D**

O encapsulamento e o braço foram elaborados através da utilização do aplicativo Fusion 360, onde foi modelado e gerado os arquivos para a impressão 3D em uma impressora 3D *FDM* (Fused deposition modeling) que consiste em uma impressão por camadas de filamentos.

Foi utilizado um filamento de plástico *PLA* (Polylactic Acid) e com um preenchimento de 10 a 15%, fazendo com que os componentes do braço tivessem uma certa resistência, mas o mais importante uma maior leveza.



*Figura 3 – Foto do braço produzido na impressão 3D*

#### **3.2. PCB**

Um dos maiores desafios do projeto foi a elaboração de um PCB para controle dos motores, ligação dos potenciômetros, e de outros itens fundamentais no funcionamento do projeto.

Por uma questão de organização e facilidade de energia, dividimos o projeto em duas PCB diferentes, uma que só terá os servos e sua alimentação via fonte externa, e outra que terá o restante dos itens necessários para funcionamento do projeto.

### 3.2.1. PCB 1: Servos e Fonte externa

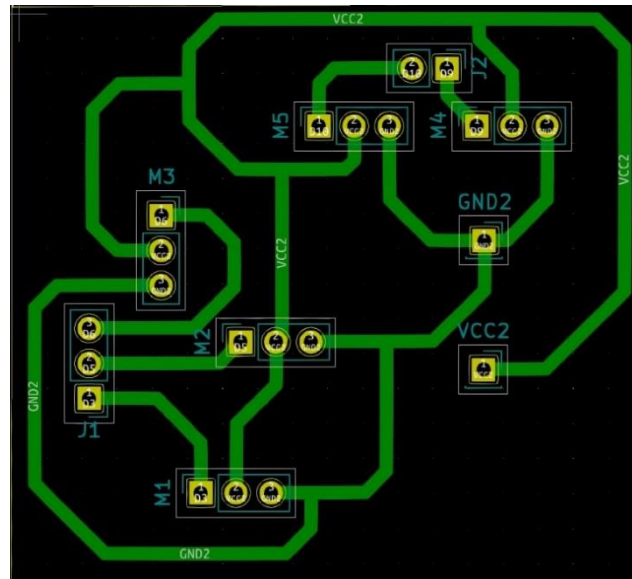
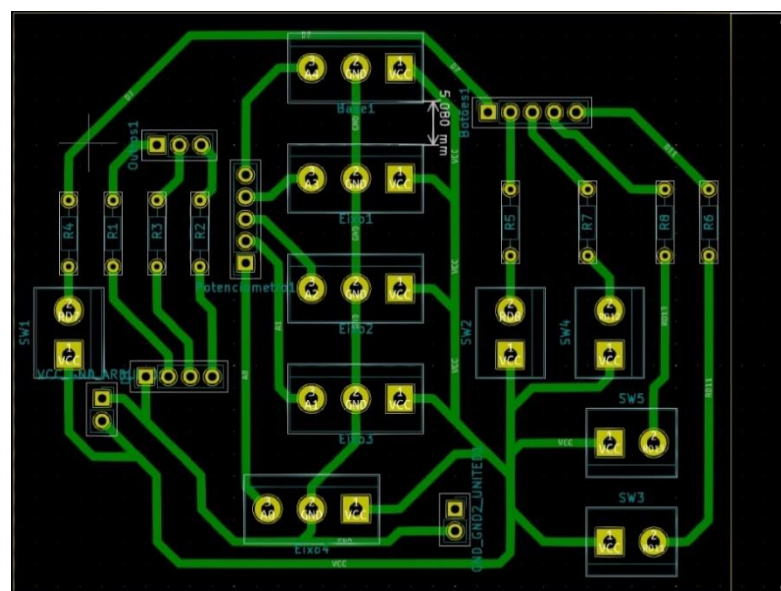


Figura 4 – PCB 1

Nosso primeiro PCB focado nos motores do braço articulado, a construção foi feita no KICAD, utilizando linhas de 1.0 mm, nesse pcb existem 5 conexões para borne de 3 vias, e duas conexões via barra de pinos para conexão da fonte externa.

### 3.2.2. PCB 2 Potenciômetro





de 3 vias, 5 conexões para botões de 2 vias, uma conexão para VCC e GND do Arduino uno e uma ponte para junção do GND da placa de servos com o Arduino.

### 3.3. Código

```
#include <Servo.h>

Servo servoBase, servoBraco1, servoBraco2, servoPulso,
servoGarra;

int potpinBase = A0; //servoBase - Porta: D9
int potpinBraco1 = A1; //servoBraco1 - Porta: D6
int potpinBraco2 = A2; //servoBraco2 - Porta: D10
int potpinPulso = A3; //servoPulso - Porta: D5
int potpinGarra = A4; //servoGarra - Porta: D11
int buttonOperation = 2;
int buttonPos1 = 7;
int buttonPos2 = 12;
int buttonPos3 = 4;
int buttonPos4 = 3;
int valBase, valBraco1, valBraco2, valPulso, valGarra;
bool operationMode = false; //Manual = False |
Automático = True
unsigned long previousMillis_sI_M = 0;
unsigned long previousMillis_sI_A = 0;
const long interval_sI = 1500;

void potLoop() {
    valBase = analogRead(potpinBase);
    valBase = map(valBase, 0, 1021, 5, 175);
    servoBase.write(valBase);
    delay(15);
    valBraco1 = analogRead(potpinBraco1);
    valBraco1 = map(valBraco1, 0, 1021, 5, 165);
    servoBraco1.write(valBraco1);
    delay(15);
    valBraco2 = analogRead(potpinBraco2);
    valBraco2 = map(valBraco2, 0, 1021, 5, 165);
    servoBraco2.write(valBraco2);
    delay(15);
    valPulso = analogRead(potpinPulso);
    valPulso = map(valPulso, 0, 1021, 5, 165);
    servoPulso.write(valPulso);
    delay(15);
    valGarra = analogRead(potpinGarra);
    valGarra = map(valGarra, 0, 1021, 5, 165);
```



```
servoGarra.write(valGarra);
delay(15);
}

class ledRGB {
    int redPin, greenPin, bluePin;
public:
    ledRGB(int rP, int gP, int bP) {
        redPin = rP;
        greenPin = gP;
        bluePin = bP;
        pinMode(redPin, OUTPUT);
        pinMode(greenPin, OUTPUT);
        pinMode(bluePin, OUTPUT);
    }
    void rgbColor(int r, int g, int b) {
        analogWrite(redPin, r);
        analogWrite(greenPin, g);
        analogWrite(bluePin, b);
    }
};

void serialInfo() {
    if (operationMode == false) {
        unsigned long currentMillis_sI_M = millis();
        if (currentMillis_sI_M - previousMillis_sI_M >=
interval_sI) {
            previousMillis_sI_M = currentMillis_sI_M;
            Serial.print("\nBase | Potenciometro = ");
            Serial.println(valBase);
            Serial.print("Braco1 | Potenciometro = ");
            Serial.println(valBraco1);
            Serial.print("Braco2 | Potenciometro = ");
            Serial.println(valBraco2);
            Serial.print("Pulso | Potenciometro = ");
            Serial.println(valPulso);
            Serial.print("Garra | Potenciometro = ");
            Serial.println(valGarra);
        }
    }
    else {
        unsigned long currentMillis_sI_A = millis();
        if (currentMillis_sI_A - previousMillis_sI_A >=
interval_sI) {
            previousMillis_sI_A = currentMillis_sI_A;
            Serial.println("");
        }
    }
}
```



```
        Serial.println("Modo automatico!");
    }
}

void mainLoop() {
    if (operationMode == false) {
        potLoop();
    }
}

void setup() {
    ledRGB led(13, 0, 8);
    Serial.begin(9600);
    servoBase.attach(9);
    servoBraco1.attach(6);
    servoBraco2.attach(10);
    servoPulso.attach(5);
    servoGarra.attach(11);
    pinMode(buttonOperation, INPUT);
    pinMode(buttonPos1, INPUT);
    pinMode(buttonPos2, INPUT);
    pinMode(buttonPos3, INPUT);
    pinMode(buttonPos4, INPUT);
}

void loop() {
    mainLoop();
    serialInfo();
}
```

### **3.4. Dificuldades no desenvolvimento**

#### **3.4.1. Dificuldades no PCB**

Tivemos imprevistos no Desenvolvimento de ambas PCB, tivemos problemas com a máquina prototipadora do Inovfablab, a mesma estava com problemas de regulação e acabou fazer trilhas muito finas e deixando muito profunda as vias.



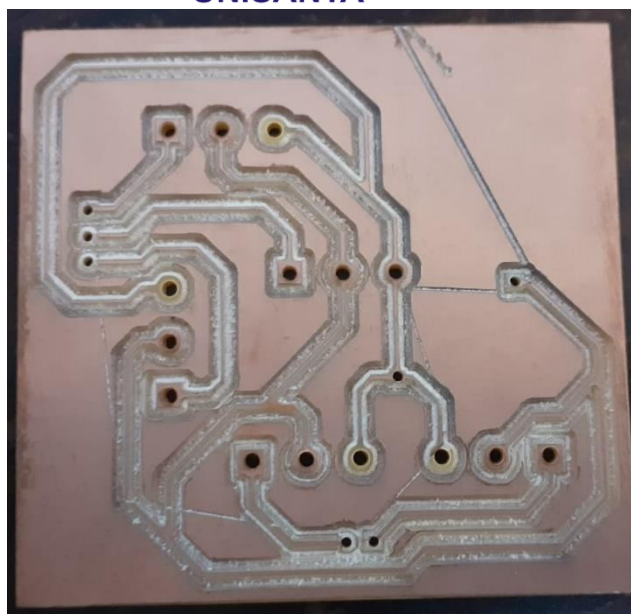


Figura 6 – PCB 1 que sofreu com defeitos da prototipadora

Por conta desse imprevisto, elaboramos uma placa via percloroeto de ferro, que por sua vez funcionou e serviu muito bem para nossos diversos testes feitos, até que houvesse horário livre no inovfablab.

### **3.4.2. Dificuldades na alimentação do projeto**

Iniciamos os testes usando uma fonte externa de 5V e 5A comprada pela internet, com ela estávamos atingindo 5.2V e o máximo de 3.2A, porém com ela não havia a estabilidade necessária para manter o braço ereto para alcançar o último cubo, a tensão não era suficiente.

Após este imprevisto, alteramos nossa alimentação para a fonte de bancada do laboratório da 513 onde atingimos 6.5V 3A em estabilização perfeita para que nosso braço funcionasse em perfeita forma.

Também houve um problema para compreender a forma como funciona o sistema de GND do Arduino, esquecemos de realizar uma ponte entre o GND da fonte de bancada com o Arduino, após corrigir esse detalhe estávamos com toda a questão de alimentação prontos para prosseguir com o projeto.

### **3.4.2. Dificuldades no encapsulamento**

O principal desafio da modelagem 3d foi elaborar um design que conseguisse alcançar ao mesmo tempo, o ponto mais longe e o ponto mais próximo, sem que ocorresse o conflito no modelo.

Outra dificuldade foi a de que apesar de usar a impressora 3D, ela te trazer uma maior liberdade no design, com a dificuldade de ser bastante lenta a produção das peças, e as peças que dessem erradas dificilmente seriam reaproveitadas.

### **3.4.3. Dificuldades na construção do projeto**

Nossa primeira bateria de testes foi usando uma fonte de tensão de 5V e 5A, porém ao analisar o *datasheet* vimos que quanto mais tensão aplicávamos ao motor servo MG995R, mais torque teríamos, o que estava ocorrendo era uma perda de potência do motor ao ligar, o próprio não aguentava o peso acumulado do braço inteiro. (MakeBlock, 2022)

Tivemos um problema nos cálculos da projeção da caixa do encapsulamento, por usarmos o sistema de replicar a peça em duas partes idênticas, fizemos um erro de cálculo e ficou levemente torto as duas placas da parede dos fundos do projeto. Resolvemos esse problema utilizando a retifica do inovfablab, e removendo uma parte para fazer com que elas se encaixassem.

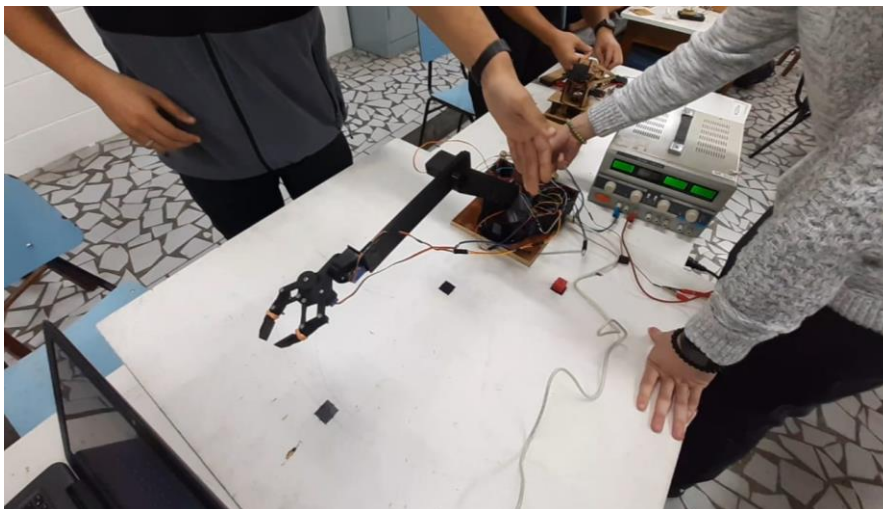
## **4. Resultado**

Após diversos obstáculos, chegamos no momento de realizar os primeiros testes completos, com o braço em total funcionamento, utilizando a fonte de bancada da M513.

### **4.1. Primeiros testes**

Nossa primeira bateria de testes eram em colocar o braço em sua forma mais longa possível, e averiguar quanto de corrente era consumida.

O braço na sua posição máxima consome um total de 0.40A, a corrente estava sendo aplicada no servo inferior.



*Figura 7 – Testes sendo realizados na M513*

Verificamos também a corrente máxima que é possível ser consumida com movimentos simultâneos dos servos.



Realizamos uma rotina de voltas do braço para atingir a corrente máxima, e o pico máximo foi de 2.1A, o que não oficialmente pode ser considerada a corrente máxima, mas é um parametro valido para fins de comparação.

## **4.2. Testes na mesa de referencia**

Nossos testes na mesa de referencia fornecida pela faculdade foram satisfatorios na forma manual, foi feito com sucesso todos os alcances para os blocos da mesa, o nosso grande desafio foi conseguir mover o bloco sem perder ele da aderencia da garra, por conta disso adicionamos elasticos para ajudar na parte da aderencia, e o resultado chegou bem proximo do esperado, a aderencia do elastico conseguiu resolver o problema.

Entretanto, no modo automatico tivemos muita dificuldade em acertar as posições de forma satisfatoria, em alguns casos ouve um “surto” no projeto causando riscos para quebrar o mesmo. Tentamos modificar o codigo e chegamos a um resultado aceitavel, buscando o bloco 2.

### **4.3.3. Testes complementares e finais**

Nossa última bateria de testes foi com pesos um pouco maiores, por falta de opções usamos objetos próximos de nós, como fita isolante, estilete e chave de fenda. Tivemos sucesso com a fita isolante, já com o estilete e a chave, que eram muito mais pesados, a garra não tinha força suficiente para sustentar, provavelmente por conta de limitações do SG90, que faz o movimento da garra.

## **5. Conclusão**

Neste trabalho o objetivo era o desenvolvimento de um braço articula de cerca de 55 cm, para pegar blocos numa tabua já definida pelos professores da disciplina. Foi atingido o objetivo principalmente de forma extremamente satisfatorio, com ressalvas na parte de automação, por falta de tempo e planejamento do grupo, não foi possivel fazer 100% do que era esperado.

Grande parte do atraso na realização do projeto foi pela falta de pratica dos membros do grupo, infelizmente a pandemia afetou muito a forma pratica dos alunos conseguirem praticar atividades que um aluno comum de 3 ano de Engenharia conseguiria realizar com facilidade.

Seria muito interessante para aperfeiçoamento do projeto a realização de mais testes e estudos sobre o comportamento do braço, e dessa forma atingir uma forma mais confiavel de informações, também seria valido realizar uma melhora na tensão e corrente para maior suavidade do movimento do servo, principalmente na garra, área aonde cometemos a maior quantidade de falhas.

Agradecemos imensamente a oportunidade de desenvolver este projeto, foi uma experiencia muito interessante e que com toda certa será muito importante em nosso futuro academico.



## 6. Referências

VALERIO, R; GARCIA, M. V. R. O Futuro da Robótica. Anais do VI Seminário Multidisciplinar ENIAC, Vol. 1, Nº 6, Pág. 148 - 156. Disponível em: <https://ojs.eniac.com.br/index.php/Anais/article/view/195/224>. Acesso em: **25/04/2022**

Data Sheet Disponível em: <https://www.makeblock.com/project/mg995-standard-servo>. Acesso em: **13/04/2022**