



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA  
DE MINAS GERAIS**

**SENSORES ELETROELETRÔNICOS PARA ROBÔS  
DOS TIPOS: “SEGUIDOR DE LUZ” E “VEÍCULO  
GUIADO AUTOMATICAMENTE”  
- RELATÓRIO FINAL-**

**LUANA CAMPOS TAKEISHI  
MARIA TEREZA MORAES BOTTION**

Trabalho apresentado para o programa de Bolsa de Iniciação Científica Júnior – BIC-JR, edital 87/2017, orientado pelo Prof. Antônio José Bento Bottion, no âmbito do projeto “Sensores Eletroeletrônicos para Robôs dos tipos: “Seguidor de Luz” e “Veículo Guiado Automaticamente””, na Unidade de Varginha - Campus VIII - do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG.

**VARGINHA-MG  
2019**

## Índice

1. INTRODUÇÃO .....	3
2. ESTUDO DOS SENSORES .....	4
2.1 Sensores Motores .....	4
2.1.1 Sensor de Luz: LDR + Potenciômetro .....	4
2.1.2 Sensor de Luz: LDR + AMPOP .....	6
2.1.3 Sensor de Luz: Fototransistor + AMPOP .....	7
2.1.4 Sensor de linha: LDR + LED .....	9
2.2 Sensores de Ação .....	11
2.2.1 Sensor Ultrassônico HC-SR04 .....	11
2.2.2 Sensor de Cor .....	17
2.2.3 Sensor Leitor de Cartão Rfid Mfrc522 Mifare .....	23
3. PARTICIPAÇÃO EM EVENTOS .....	27
3.1 14ª Semana de Ciência e Tecnologia – Semana C&T .....	27
4. CONCLUSÃO .....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	29

## 1. INTRODUÇÃO

O presente relatório tem como objetivo propor circuitos eletroeletrônicos para sensores que poderão ser utilizados nos projetos interdisciplinares do curso Técnico em Mecatrônica do CEFET-MG Varginha, sendo assim um guia de projetos de sensoriamento para os alunos.

No período de formação acadêmica do Técnico em Mecatrônica, os estudantes realizam dois projetos interdisciplinares, sendo um Robô Seguidor de Luz no 1º ano e um Robô Seguidor de Linha (AGV – Veículo Automaticamente Guiado) durante o 2º e o 3º ano. O Seguidor de Luz é orientado a partir de um feixe luminoso e o Seguidor de Linha através de uma linha preta.

No decorrer da confecção dos robôs, é necessário o uso de sensores para que a partir de sua devida configuração proporcionem um sinal elétrico que, dado o contexto de cada robô, possa realizar uma ação específica.

Os sensores utilizados podem ser classificados em dois tipos:

- Sensores motores: Alimentam a lógica digital definindo o sentido e direção de deslocamento do robô;
- Sensores de ação: Alimentam a lógica digital para informar que ação o robô deve executar quando encontra um obstáculo ou um sinal em seu caminho.

Os estudantes utilizam, normalmente, módulos de sensores prontos, disponíveis em sites de componentes eletrônicos, mas também existem meios de montar o sensor a partir de componentes discretos e obter resultados também satisfatórios. No entanto, a maioria dos alunos possuem dificuldades e nem sempre dispõem da base de conhecimento necessária para utilização e desenvolvimento dos sensores.

## 2. ESTUDO DOS SENSORES

Os sensores são dispositivos que detectam e respondem à estímulos físicos com um sinal de saída capaz de ser interpretado por outros aparelhos.

### 2.1 Sensores Motores

Sensores motores alimentam a lógica digital definindo o sentido e direção de deslocamento do robô. Como exemplo, quando há uma linha preta no chão a ser seguida.

#### 2.1.1 Sensor de Luz: LDR + Potenciômetro

É o circuito de sensoriamento de luz mais utilizado no projeto do robô seguidor de luz por ser o mais simples de todos, porém, foi verificado no decorrer desse trabalho que não é a melhor opção.

- **Circuito e Funcionamento**

O esquemático do circuito é mostrado na Fig. 1.

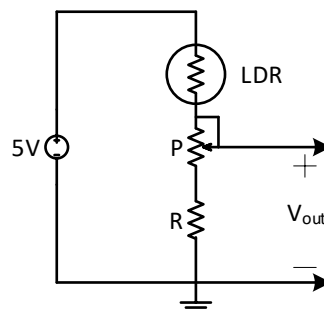


Fig. 1: Sensor de luz: LDR + Potenciômetro.

O LDR (Light Dependent Resistor) é um resistor cuja resistência varia de acordo com a intensidade luminosa que incide em sua superfície. Com isso é possível montar um divisor de tensão no qual a tensão de saída ( $V_{out}$ ) depende da luz incidente no LDR.

Quando o LDR está iluminado, sua resistência é baixa, de modo que a resistência do potenciômetro (P) mais a do resistor (R) seja muito maior. Assim, a tensão de saída ( $V_{out}$ ) será próxima de 5V (nível lógico 1).

Quando o LDR não recebe luz, sua resistência é alta, sendo a resistência do potenciômetro (P) mais a do resistor (R) muito menor. Assim, a tensão de saída ( $V_{out}$ ) será próxima de 0V (nível lógico 0).

- Componentes Comerciais
  - LDR: 10mm
  - Potenciômetro (P): 10k $\Omega$
  - Resistor (R): 1k $\Omega$
- Resultados Experimentais

Para verificação e comparação desse sensor com os demais sensores de luz estudados foi construída a placa de circuito impresso mostrada na Fig. 2.

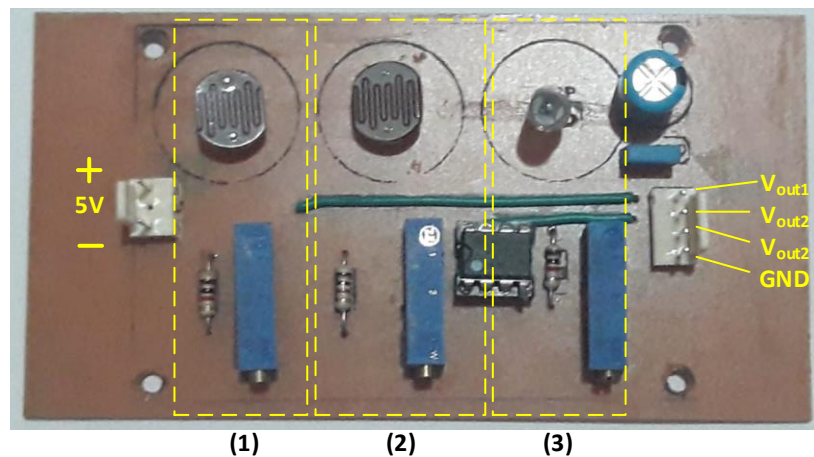


Fig. 2: Placa com sensores de luz: (1) LDR + Potenciômetro; (2) LDR + AMPOP e (3) Fototransistor + AMPOP.

O circuito LDR + Potenciômetro, módulo 1 da Fig. 2, funcionou conforme o esperado, ou seja, a tensão  $V_{out1}$  possui variação analógica proporcional à incidência luminosa como mostra a Fig. 3 obtida com o osciloscópio.

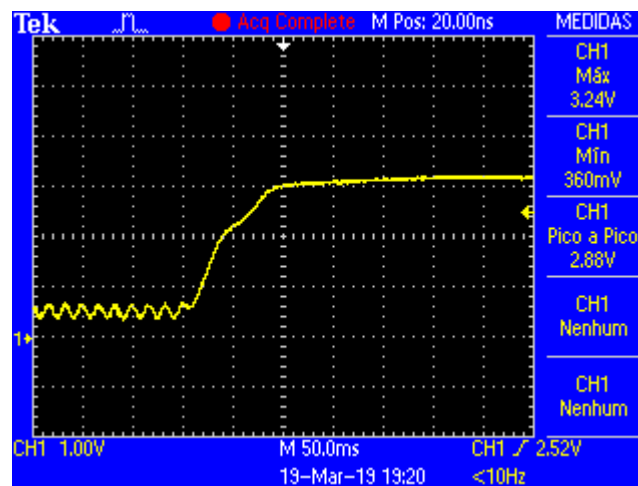


Fig. 3: Tensão  $V_{out1}$  para variação de luminosidade no LDR.

O problema ocorre quando a tensão  $V_{out}$  fica entre os valores de flutuação da lógica TTL (entre 0,8V e 2V) impossibilitando o correto funcionamento da lógica digital e consequentemente o funcionamento do robô.

### 2.1.2 Sensor de Luz: LDR + AMPOP

Em comparação ao anterior, este circuito apresenta apenas a adição de um componente: o amplificador operacional (AMPOP). Essa pequena mudança elimina o problema do circuito anterior, fazendo como que  $V_{out}$  tenha agora um comportamento digital (nível lógico 0 ou nível lógico 1), ou seja, essa tensão não assumirá mais os níveis de flutuação.

- **Circuito e Funcionamento**

O esquemático do circuito é mostrado na Fig. 4.

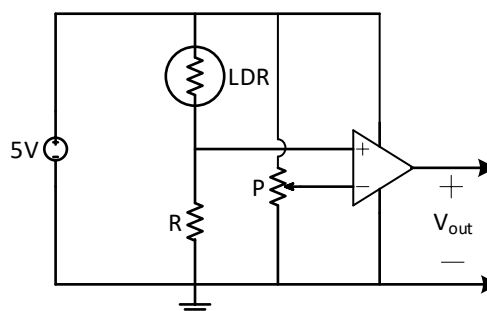


Fig. 4: Sensor de luz: LDR + AMPOP.

Na Fig. 4 o AMPOP funciona como um comparador de tensão. Ele compara uma tensão ajustada pelo potenciômetro com o resultado do divisor de tensão formado pelo LDR e o resistor (R). Quando a tensão sobre o resistor (R) é maior do que a tensão ajustada pelo potenciômetro (LDR iluminado), o AMPOP satura idealmente em 5V (nível lógico 1). Na situação em que a tensão sobre o resistor (R) é menor do que a tensão ajustada pelo potenciômetro (LDR escuro), o AMPOP satura em 0V (nível lógico 0).

- **Componentes Comerciais**

- LDR: 10mm
- Potenciômetro (P): 10k $\Omega$
- Resistor (R): 1k $\Omega$
- AMPOP: LM358

- **Projeto e Resultados Experimentais**

O circuito LDR + AMPOP, módulo 2 da Fig. 2, funcionou conforme o esperado, ou seja, a tensão  $V_{out2}$  possui um comportamento digital assumindo apenas os níveis lógicos 0 e 1, resolvendo o problema do módulo anterior, como mostra a Fig. 5 obtida com o osciloscópio.

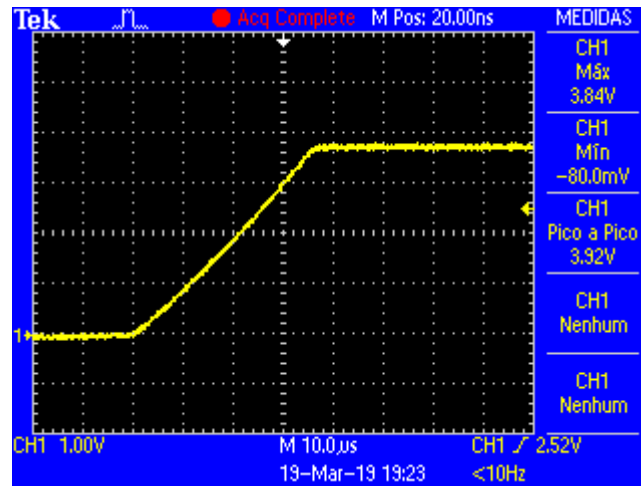


Fig. 5: Tensão  $V_{out2}$  para variação de luminosidade no LDR.

Observa-se ainda na Fig. 5 que o tempo de resposta desse módulo (aprox.  $40\mu s$ ) é muito mais rápido do que o do módulo 1 (100ms).

### 2.1.3 Sensor de Luz: Fototransistor + AMPOP

- Circuito e Funcionamento

O esquemático do circuito é mostrado na Fig. 6.

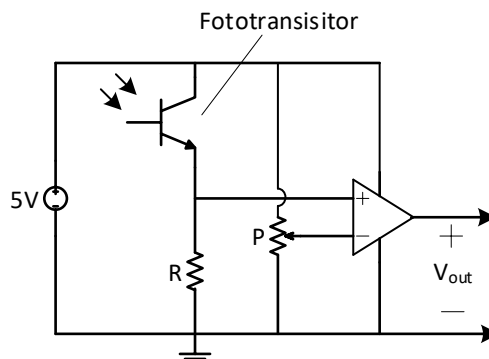


Fig. 6: Sensor de luz: LDR + AMPOP.

Na Fig. 6 o AMPOP funciona como um comparador de tensão. Ele compara uma tensão ajustada pelo potenciômetro com o resultado do divisor de tensão formado pelo fototransistor e o resistor (R). Quando a tensão sobre o resistor (R) é maior do que a tensão ajustada pelo potenciômetro (fototransistor iluminado), o AMPOP satura idealmente em 5V (nível lógico 1). Na situação em que a tensão sobre o resistor (R) é menor do que a tensão ajustada pelo potenciômetro (fototransistor escuro), o AMPOP satura em 0V (nível lógico 0).

- Componentes Comerciais

- Fototransistor NPN: TIL81
- Potenciômetro (P): 10k $\Omega$
- Resistor (R): 1k $\Omega$
- AMPOP: LM358

- Projeto e Resultados Experimentais

O circuito Fototransistor + AMPOP, módulo 3 da Fig. 2, funcionou conforme o esperado, ou seja, a tensão  $V_{out3}$  possui um comportamento digital assumindo apenas os níveis lógicos 0 e 1, também resolvendo o problema do módulo 1, como mostra a Fig. 7 obtida com o osciloscópio.

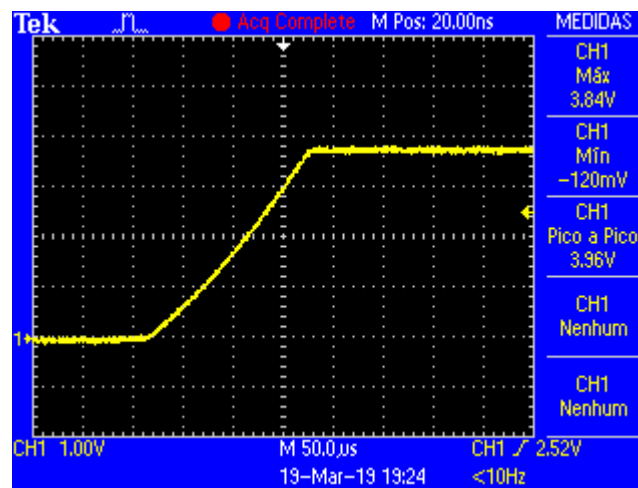


Fig. 7: Tensão  $V_{out2}$  para variação de luminosidade no LDR.

Observa-se ainda na Fig. 7 que o tempo de resposta desse módulo (aprox. 150 $\mu$ s) também é muito mais rápido do que o do módulo 1 (100ms).

Esse circuito é equivalente ao anterior com pequenas diferenças por causa do elemento sensor ser diferente. Dentre as diferenças pode-se destacar que a máxima eficiência de resposta do fototransistor ocorre para uma luz com comprimento de onda em torno de 900nm, ou seja, o laser. Assim nesse circuito, quando o fototransistor é iluminado com laser obtém-se uma melhor eficácia do circuito, sendo que a resposta é praticamente imune à iluminação ambiente caracterizando uma vantagem em relação aos outros dois.



### 2.1.4 Sensor de linha: LDR + LED

#### • Circuito e Funcionamento

O princípio de funcionamento desse tipo de sensor é a detecção do reflexo da luz.

O circuito desenvolvido para realizar essa tarefa é apresentado na Fig. 8.

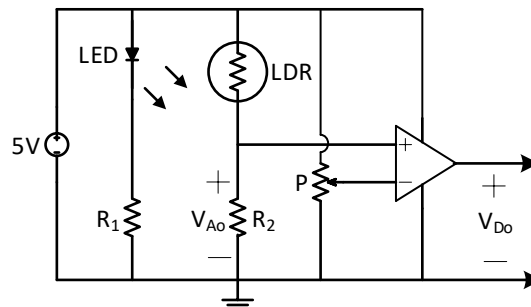


Fig. 8: Circuito do sensor de linha LDR+LED.

#### • Componentes Comerciais

- LED alto brilho: 5mm
- LDR: 10mm
- Potenciômetro (P): 10k $\Omega$
- Resistor (R<sub>1</sub>): 180 $\Omega$
- Resistor (R<sub>2</sub>): 1k $\Omega$
- AMPOP: LM358

#### • Resultados Experimentais

Para verificação do funcionamento desse sensor foi construída a placa de circuito impresso mostrada na Fig. 9.

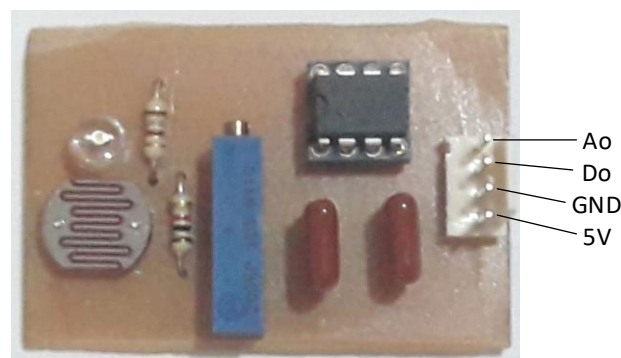


Fig. 9: Sensor de linha LDR + LED.

O circuito da Fig. 9, funcionou conforme o esperado, ou seja, a saída “Ao” possui variação analógica proporcional à incidência luminosa devido a reflexão da luz emitida pelo LED. Já a saída “Do” apresentou comportamento digital uma vez que esta é o resultado da comparação no AMPOP de “Ao” com a tensão ajustada pelo potenciômetro.

A Fig. 10 mostra a saída “Ao” para uma variação de preto para branco no sensor.

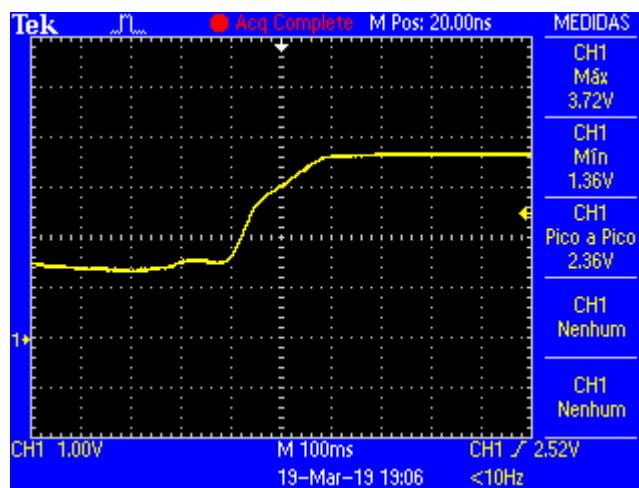


Fig. 10: Saída “Ao” para variação de preto para branco.

A Fig. 11 mostra a saída “Do” para uma variação de preto para branco no sensor.

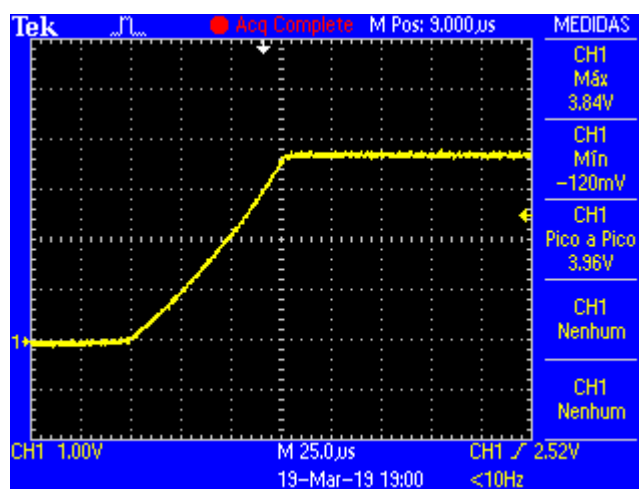


Fig. 11: Tensão “Do” para variação de preto para branco.

## 2.2 Sensores de Ação

Sensores de ação alimentam a lógica digital para informar que ação o robô deve executar quando encontra um obstáculo ou um sinal em seu caminho. Como exemplo, quando há um objeto ou uma pessoa na sua frente, o mesmo deve parar até que não haja mais obstáculo.

### 2.2.1 Sensor Ultrassônico HC-SR04

O sensor ultrassônico é comumente utilizado com a finalidade de detectar de objetos e pessoas, utilizado no AGV para parar e acionar um alarme (buzzer) até que a pessoa/objeto saia da frente, evitando colisões. Ele funciona com base em ondas sonoras e sua reflexão ao encontrar um objeto.

O sensor ultrassônico HC-SR04 é um componente normalmente utilizado em projetos com Arduino, no qual constitui de um módulo pronto composto por transmissor, receptor e pelo circuito de controle, custa em média de 6 a 15 reais nas lojas online de componentes eletrônicos.

Ele é o mais utilizado pelos estudantes no projeto interdisciplinar AGV durante o 2º e 3º ano, devido a fácil acesso, custo baixo e facilidade em programá-lo, uma vez que para Arduino existem bibliotecas já prontas para seu manuseio.

- **Funcionamento**

O Sensor Ultrassônico HC-SR04 possui 4 pinos, o VCC, Trig, Echo e GND. O pino Vcc deve ser ligado na alimentação de 5V e o pino GND aterrado, trabalhando em correntes até 15mA, o Trig e o Echo são os pinos para controle do sensor. Ele tem como frequência de operação 40KHz, ângulo de detecção de aproximadamente 15º, faixa de reconhecimento de 2 centímetros até 4 metros com precisão de 3mm de acordo com seu Datasheet.

Seu funcionamento consiste em: após o microcontrolador ligado ao sensor enviar um pulso de 5V por 10us para o pino Trig, inicia a ação do sensor, sendo assim o módulo emite 8 pulsos ultrassônicos na frequência de 40KHz e espera a reflexão dos mesmos, caso haja um obstáculo à sua frente, a onda é refletida e detectada pelo sensor, fazendo com que o pino Echo que inicialmente se encontrava em nível baixo passa a ter nível alto por um período igual ao da propagação da onda, conforme mostra a Fig. 12.

[Diagrama de tempo HC-SR04](#)

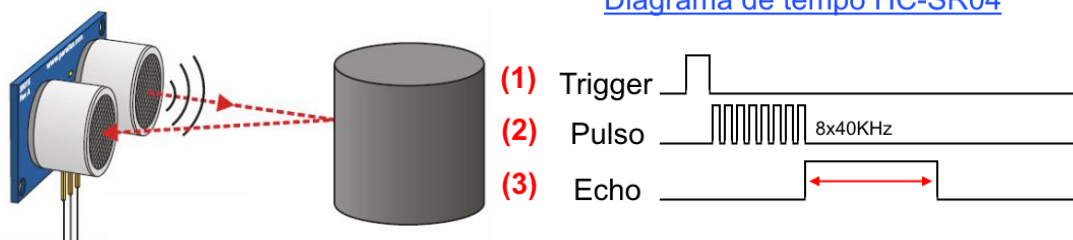


Fig. 12: Sensor ultrassônico HC-SR04.

Para o cálculo de distância do obstáculo é utilizada a fórmula:

$$\text{Distância} = ( \text{Pulso em nível alto} \times \text{Velocidade do som (340m/s)} ) / 2$$

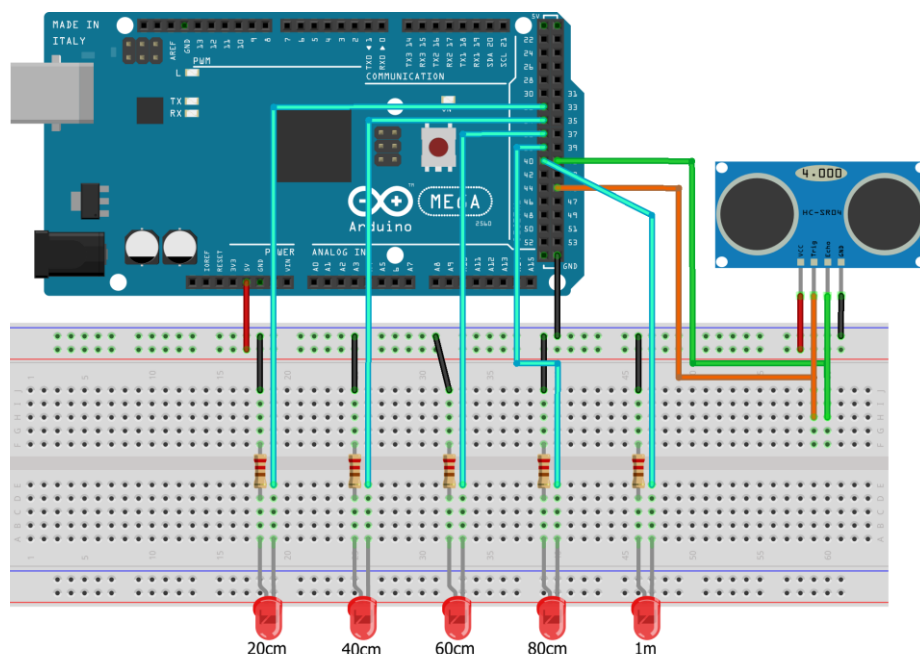
No entanto, para o Arduino é possível baixar a biblioteca “Ultrasonic” que já possui as predefinições necessárias para o uso do sensor.

- **Projeto e Resultados Experimentais**

Foi realizado um teste em laboratório para analisar sua eficiência na detecção de objetos a cada distância. Para distâncias menores de 20cm, acende o LED0, entre 20cm e 40cm pisca o LED1, 40cm a 60cm o LED2, 60cm a 80cm o LED3 e por fim de 80cm a 1m o LED4, e entre 20cm e 40cm aciona junto o Buzzer para mostrar também seu funcionamento.

A montagem do esquemático foi feita no software Fritzing ilustrado na Fig. 13 com as ligações apresentadas na tabela abaixo.

Trig	Pino 45
Echo	Pino 41
LED0 <= 20cm	Pino 32
20cm < LED1 <= 40cm	Pino 34
40cm < LED2 <= 60cm	Pino 36
60cm < LED3 <= 80cm	Pino 38
80cm < LED4 <= 1m	Pino 40
Buzzer	Pino 43



fritzing

Fig. 13: Esquemático do circuito montado.

Depois o programa para o princípio de funcionamento requerido foi desenvolvido no software próprio do Arduino, o “Arduino IDE”, utilizando a biblioteca “Ultrasonic.h” e os comandos da mesma, `ultrasonic.timing()` – lê o tempo de retorno do sinal e `ultrasonic.convert(microsec, Ultrasonic::CM)` – calcula a distância em centímetros, como apresentado a seguir.

```
//Incluindo biblioteca Ultrasonic.h
#include "Ultrasonic.h"

//criando o objeto ultrasonic e definindo as portas digitais
//do Trig-45 e Echo-41
Ultrasonic ultrasonic(45,41);

//Declaração das constantes referentes aos pinos digitais (LED's).
const int LED20 = 32;
const int LED40 = 34;
const int LED60 = 36;
const int LED80 = 38;
const int LED100 = 40;
//Declarando o buzzer.
const int buzzer = 43;

//Variáveis para o sensoriamento.
long microsec = 0;
float distCM = 0;

void setup() {
    Serial.begin(9600); //Inicia o serial para o monitoramento.

    //Definindo pinos digitais dos LED's e do Buzzer (como saída).
    pinMode(LED20,OUTPUT);
    pinMode(LED40,OUTPUT);
    pinMode(LED60,OUTPUT);
    pinMode(LED80,OUTPUT);
    pinMode(LED100,OUTPUT);
    pinMode(buzzer,OUTPUT);
}

void loop() {
    //Lendo o sensor
    microsec = ultrasonic.timing();

    //Convertendo a distância em CM
    distCM = ultrasonic.convert(microsec, Ultrasonic::CM);

    LEDDistancia();
}

//Controle dos leds.
void LEDDistancia() {

    //Apagando todos os leds
    digitalWrite(LED20,LOW);
    digitalWrite(LED40,LOW);
    digitalWrite(LED60,LOW);
    digitalWrite(LED80,LOW);
    digitalWrite(LED100,LOW);

    //Acende o LED adequado para a distância lida no sensor.
```

```

//até 20cm
if (distCM <= 20)
    digitalWrite(LED20,HIGH);

//entre 20 e 40cm - pisca o LED e liga o buzzer
if ((distCM > 20) && (distCM <= 40)){
    while((distCM > 20) && (distCM <= 40)){
        digitalWrite(LED40,HIGH);
        delay(100);
        digitalWrite(LED40,LOW);
        delay(100);
        tone(buzzer,1500);
        delay(100);
        noTone(buzzer);
        delay(100);
    }
}

//entre 40 e 60cm
if ((distCM > 40) && (distCM <= 60))
    digitalWrite(LED60,HIGH);

//entre 60 e 80cm
if ((distCM > 60) && (distCM <= 80))
    digitalWrite(LED80,HIGH);

//entre 80 e 100cm
if ((distCM > 80) && (distCM <= 100))
    digitalWrite(LED100,HIGH);
}

```

Assim, com base no esquemático foi montado o circuito com o Sensor HC-SR04 e o Arduino utilizando os LED's do Módulo Eletrônico, juntamente com uma trena para aferir as distâncias do objeto em questão e uma placa de MDF para realizar o teste do sensor como mostra a Fig. 14.

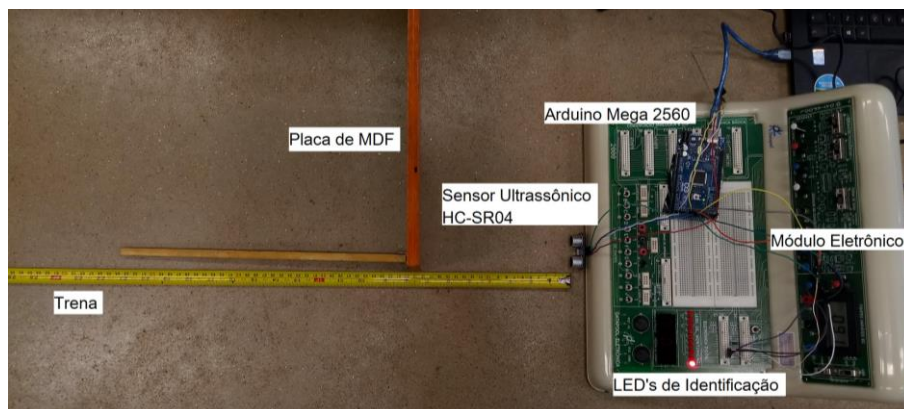


Fig. 14: Experimento no laboratório.



Desta forma foram realizados os testes:

1. Até 20 centímetros conforme mostra a Fig. 15.

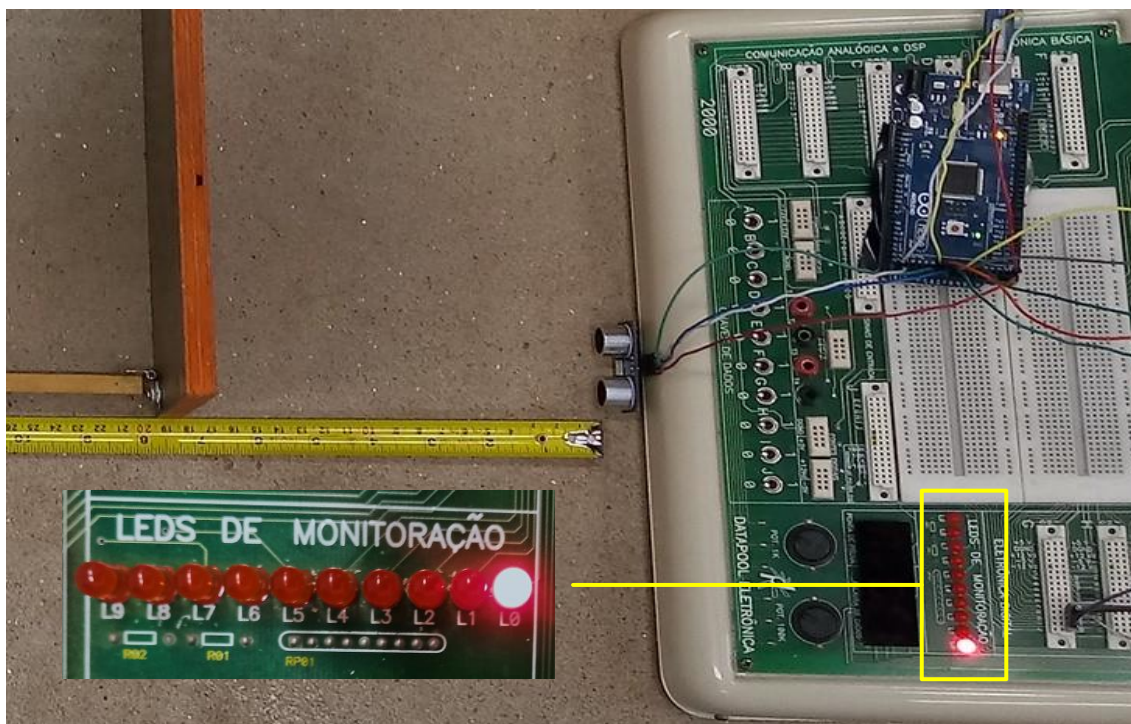


Fig. 15: Teste até 20 cm.

2. Entre 20 e 40 centímetros conforme mostra a Fig. 16.



Fig. 16: Teste entre 20 cm e 40 cm.

3. Entre 40 e 60 centímetros conforme mostra a Fig. 17.



Fig. 17: Teste entre 40 cm e 60 cm.

4. Entre 60 e 80 centímetros conforme mostra a Fig. 18.



Fig. 18: Teste entre 60 cm e 80 cm.

5. Entre 80 e 100 centímetros conforme mostra a Fig. 19.



Fig. 19: Teste entre 80 cm e 100 cm.



### 2.2.2 Sensor de Cor

O sensor de cor pode ser utilizado para detectar salas com linhas coloridas, que indicam que o robô deve parar por alguns segundos e depois seguir seu trajeto. Seu funcionamento básico é a partir da emissão de uma luz, vermelha, verde e azul em direção ao objeto a ser identificado, e sua reflexão para o sensor que compara a quantidade luz refletida para cada cor.

- **Circuito e Funcionamento**

O circuito para o sensor de cor está exposto na Fig. 20. Ele foi montado no software Express SCH Schematic.

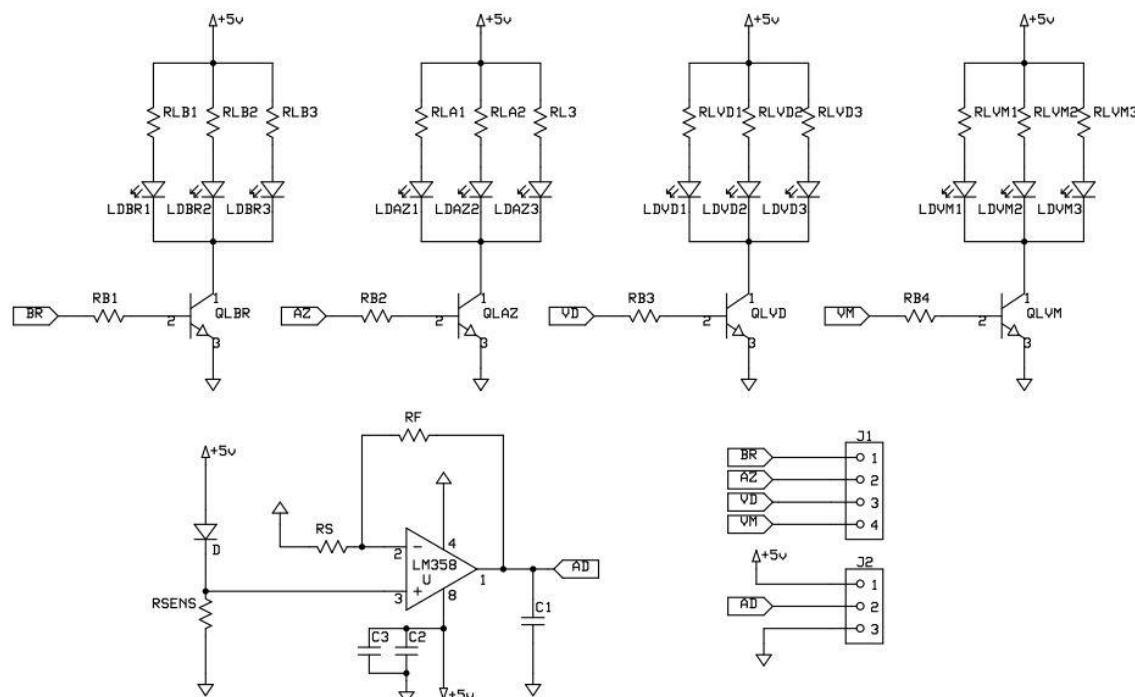


Fig. 20: Circuito montado para o sensor de cor.

O circuito da figura Fig. 20 utiliza de um fototransistor para avaliar a quantidade de luz que será refletida ao acionar cada cor de LED, sendo as cores vermelha, verde e azul, no sensor também possuem LEDs brancos.

Ao acionar cada conjunto de 3 LEDs, separadamente, o fototransistor capta a quantidade refletida e este sinal passa pelo amplificador operacional LM358 com a finalidade de amplificar o sinal de saída para melhor manuseio da informação pelo Arduino.

No programa do Arduino será comparado o sinal lido para cada uma das três cores, no qual o maior valor lido representa a cor da superfície avaliada, uma vez que a cor que observamos é a cor do espectro da luz visível mais refletida pela superfície.

O fototransistor está representado pelo diodo D na figura Fig. 20. Quando não há incidência de luz nele, o componente se comporta como uma resistência infinita, não conduzindo corrente elétrica, no entanto ao incidir uma luz sobre ele, sua resistência diminui e possibilita a passagem de corrente elétrica.

### Componentes Comerciais

A tabela abaixo expõe os componentes utilizados no circuito.

Componente	Especificação
1 Fototransistor (D)	SFH 310 PNP
3 LED Vermelho (LDVM)	-
3 LED Verde (LDVD)	-
3 LED Azul (LDAZ)	-
3 LED Branco Alto Brilho (LDBR)	-
3 Resistores (RLVM) - vermelho	180Ω
3 Resistores (RLVD) – verde	130Ω
3 Resistores (RLAZ) – azul	100Ω
3 Resistores (RLBR) – branco	130Ω
1 Amplificador Operacional	LM358
4 Resistores de Base (RB1, RB2, RB3, RB4)	47KΩ
1 Resistor (RF)	47KΩ
1 Resistor (RS)	1KΩ
1 Resistor (RSENS)	10KΩ
1 Capacitor (C1)	220uF
2 Capacitores (C2 e C3)	- uF
4 Transistores (QLBR, QLAZ, QLVD, QLVM)	- NPN
1 Conector	Macho para 4 pinos
1 Conector	Macho para 3 pinos

### Projeto e Resultados Experimentais

Assim, a partir do circuito da Fig. 20 para o sensor de cor, foi montada a placa de circuito impresso representada na Fig. 21. O software para o desenvolvimento do circuito a ser impresso foi o Express PCB.

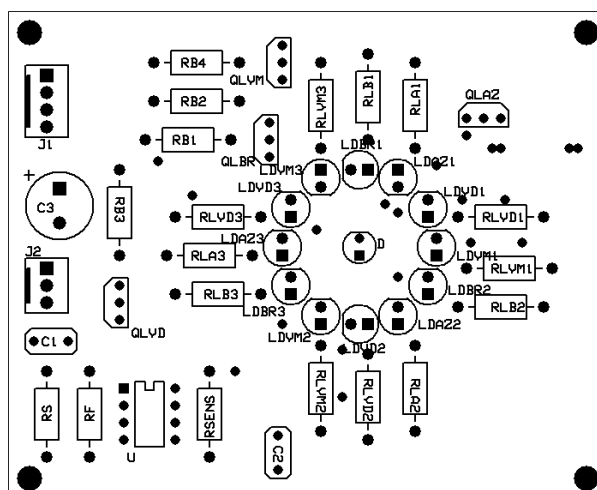


Fig. 21: Vista do topo da montagem da placa de circuito impresso.

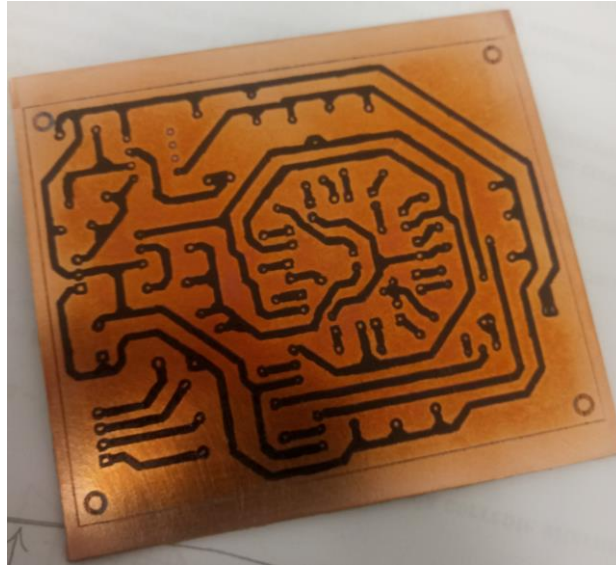


Fig. 22: Foto do resultado da transferência da parte inferior do circuito impresso para a placa de cobre.

O sensor finalizado é mostrado na Fig. 23.

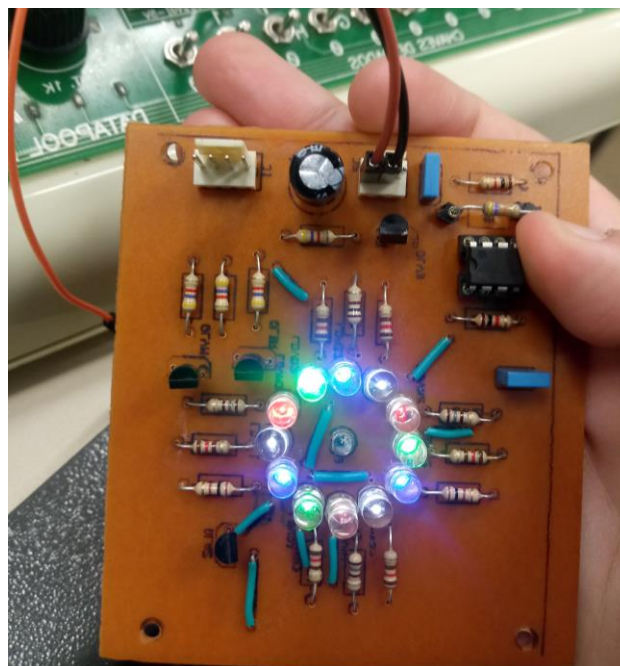


Fig. 23: Sensor de cor finalizado.

Desta forma o sensor foi testado em laboratório para o seguinte princípio de controle: após acender e verificar com o fototransistor a reflexão da superfície com as 3 cores de LEDs ele indica no monitor serial a cor identificada. O programa utilizado está representado abaixo.

Observação: para os LEDs Vermelho e Verde foi acionado concomitantemente os LEDs Brancos, tendo em vista que sua cor se apresentou mais fraca que os LEDs azuis.

```
//Definindo as portas do sensor
#define FT A7 //fototransistor pino A0
#define LED_VD 28 //LED verde pino 9
#define LED_VM 22 //LED vermelho pino 10
#define LED_AZ 24 //LED azul pino 11
#define LED_BR 26 //LED branco pino 12

float leitura_branco = 0;
float leitura_verde = 0;
float leitura_vermelho = 0;
float leitura_azul = 0;
int i = 0;

void setup() {

    //Inicia a comunicação serial em 9600 bits por segundo
    Serial.begin(9600);

    //Define os pinos dos LEDs como saída
    pinMode(LED_VD, OUTPUT);
    pinMode(LED_VM, OUTPUT);
    pinMode(LED_AZ, OUTPUT);
    pinMode(LED_BR, OUTPUT);

    //Certifica-se que os LEDs se iniciem apagados
    digitalWrite(LED_VD, LOW);
    digitalWrite(LED_VM, LOW);
    digitalWrite(LED_AZ, LOW);
    digitalWrite(LED_BR, LOW);

}

void loop() {

    delay(3000);
    while(1){
        LD_VM();    // lê com os LEDs vermelhos
        LD_VD();    // lê com os LEDs verdes
        LD_AZ();    // lê com os LEDs azuis
        LD_BR();    // lê com os LEDs brancos
        delay(1000);
        rec_cor();  //compara os valores lidos
    }
}

// Rotina de leitura do sensor
void LD_VM() {

    digitalWrite(LED_VM, HIGH); //liga LEDs vermelhos
    digitalWrite(LED_BR, HIGH);
    leitura_vermelho = analogRead(FT); //armazena o valor lido no
    fototransistor na variável de leitura
    delay(200);
    digitalWrite(LED_VM, LOW);
    digitalWrite(LED_BR, LOW);

}

void LD_VD() {
```

```
digitalWrite(LED_VD, HIGH); //liga LEDs verdes
digitalWrite(LED_BR, HIGH);
leitura_verde = analogRead(FT); //armazena o valor lido no
fototransistor na variável de leitura
delay(200);
digitalWrite(LED_VD, LOW);
digitalWrite(LED_BR, LOW);
}

void LD_AZ() {

    digitalWrite(LED_AZ, HIGH); //liga LEDs azuis
    leitura_azul = analogRead(FT); //armazena o valor lido no
    fototransistor na variável de leitura
    delay(200);
    digitalWrite(LED_AZ, LOW);
}

void LD_BR() {

    digitalWrite(LED_BR, HIGH); //liga LEDs brancos
    leitura_branco = analogRead(FT); //armazena o valor lido no
    fototransistor na variável de leitura
    delay(200);
    digitalWrite(LED_BR, LOW);
}

void rec_cor() {

    if ((leitura_vermelho > leitura_verde) && (leitura_vermelho >
    leitura_azul) && (leitura_vermelho > leitura_branco)){ //cor lida é
    vermelha
        for(int i=0;i<=3;i++) {
            Serial.print("Vermelho");
        }
    }

    if ((leitura_verde > leitura_vermelho) && (leitura_verde >
    leitura_azul) && (leitura_verde > leitura_branco)){ //cor lida é
    verde
        for(int i=0;i<=3;i++) {
            Serial.print("Verde");
        }
    }

    if ((leitura_azul > leitura_verde) && (leitura_azul >
    leitura_vermelho) && (leitura_azul > leitura_branco)){ //cor lida é
    azul
        for(int i=0;i<=3;i++) {
            Serial.print("Azul");
        }
    }

}
```

O projeto para o sensor de cor também poderia ser feito com um LDR ao invés do fototransistor, porém ao ser analisado a resposta tanto do LDR quanto do fototransistor ao espectro de cor visível, o fototransistor se mostrou mais eficiente.

Como pode ser analisado na Fig. 24 abaixo, o espectro de luz visível para os humanos (as cores possíveis de serem identificadas) variam de um comprimento de onda de 400nm até 750nm.

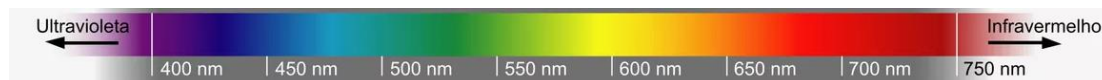


Fig. 24: Espectro de luz visível.

A resposta do fototransistor para esta faixa de comprimento de onda e do LDR estão na Fig. 25 e na Fig. 26 respectivamente. Essas figuras foram retiradas de seus respectivos datasheets.

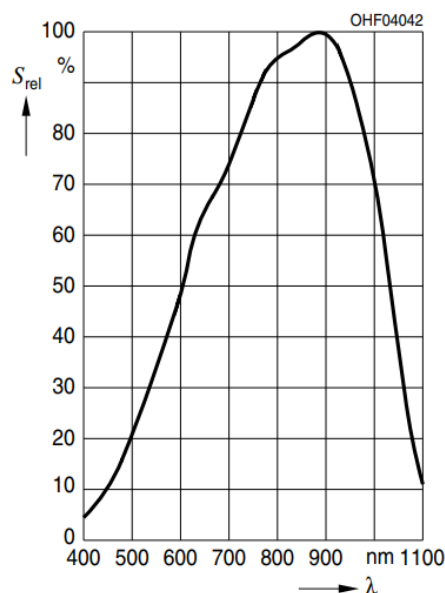


Fig. 25: Resposta do fototransistor.

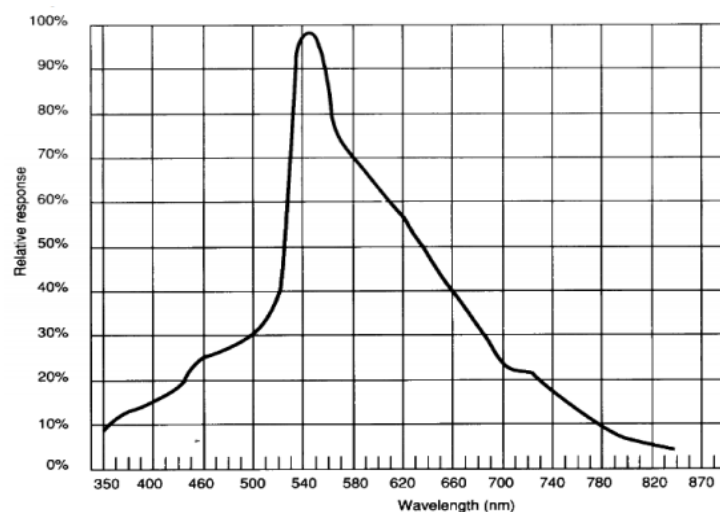


Fig. 26: Resposta do LDR.

Assim, é possível observar que no LDR, para diferentes comprimentos de onda (no range de 400nm à 750nm), poderia ocorrer de se obter uma resposta muito próxima, dado que seu gráfico para esses intervalos é próximo à uma parábola, no qual dois pontos podem possuir a mesma porcentagem de resposta relativa. Já no fototransistor, a porcentagem da resposta relativa para esses comprimentos de onda se aproxima de uma reta, causando um sinal melhor definido.

### 2.2.3 Sensor Leitor de Cartão Rfid Mfrc522 Mifare

O sensor leitor de cartão também pode ser utilizado para o reconhecimento de salas com diferentes cartões. No tipo de sensor estudado, leitor Rfid, a identificação dos cartões é realizada por radiofrequência.

O sensor leitor de cartão Rfid Mfrc522 Mifare é um componente utilizado para a leitura de chips padrão Mifare, que podem estar em cartões, tags, pulseiras e outros, muito comum no mercado. Ele é um módulo baseado no chip MFRC522 que trabalha na frequência de 13,56MHz.

Os sistemas RFID (*Radio Frequency Identification*) são baseados nas ondas de rádios e compostos por uma tag – pequeno circuito integrado dentro do cartão e uma antena, para armazenar e transmitir os dados, a tag possui uma identificação UID – um número hexadecimal característico de cada cartão, também pelo leitor, que converte as ondas de rádio para um padrão em que possa ser utilizado pelo microcontrolador ou computador.

- **Funcionamento**

A pinagem do sensor, ilustrada na Fig. 27, onde os pinos utilizados são o pino SPI (*Serial Peripheral Interface*) para a comunicação com o Arduino (SDA) e o reset (RST), também o 3.3V para alimentação (Vcc) e o GND aterrado.



Fig. 27: Pinos do sensor RFID-RC522.

Desta forma, como seu funcionamento tem como base a identificação por radiofrequência, ao aproximar o cartão, que possui um sistema interno, o sensor começa a gerar campo eletromagnético que estabelece, então, uma corrente no cartão. Assim, o cartão começa a enviar um sinal de comunicação codificado em hexadecimal – tag, para o sensor, que recebido ela, pode utilizar



a informação decodificada em um programa para funcionalidades como acionar ou desativar um motor, por exemplo. Para a programação há também a biblioteca própria, MFRC522, e a SPI para comunicação Arduino-Sensor, que facilita a aplicação do sensor.

- **Projeto e Resultados Experimentais**

Desta maneira, para o teste do sensor foi utilizado um Arduino UNO e dois cartões. A ligação utilizada está ilustrada na Fig. 28.

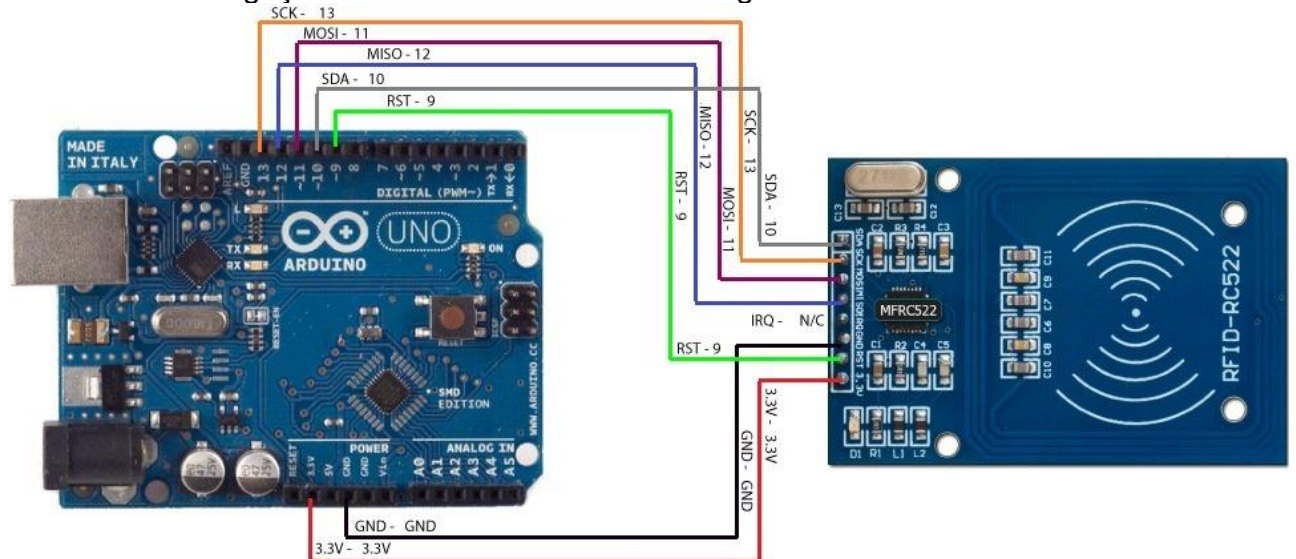


Fig. 28: Conexão entre o Arduino Uno e o sensor RFID-RC522.

Após feita as ligações necessárias, foi enviado para o Arduino a programação montada no Software IDE Arduino. Inicialmente foi lido pelo sensor o UID de cada cartão, para depois implementado um programa que simulasse uma ação de ativar e desativar algo.

- **Leitura da UID da tag:** é necessário abrir a aba de Monitor Serial para ver a UID da tag, assim, ao iniciar o programa é requerido que o cartão a ser identificado se aproxime do sensor, realizado isso, sensor capta o sinal do cartão, executa a conversão para hexadecimal e escreve no monitor a UID lida, como na Fig. 29.

```
//incluindo bibliotecas
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>

#define SS_PIN 10 //define pino DAS comunicação como 10
#define RST_PIN 9 //define pino RST como 9
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN); // Create MFRC522 instance

void setup()
{
  Serial.begin(9600); // Inicia a serial
  SPI.begin(); // Inicia SPI bus
  mfrc522.PCD_Init(); // Inicia MFRC522
  //mostra no monitor serial
  Serial.println("Aproxime o seu cartao do leitor...");
  Serial.println();
  pinMode(2, OUTPUT);
}
```



```

}

void loop()
{
    // Procura por cartao RFID
    if ( ! mfrc522.PICC_IsNewCardPresent() )
    {
        return;
    }
    // Seleciona o cartao RFID
    if ( ! mfrc522.PICC_ReadCardSerial() )
    {
        return;
    }
    //Mostra UID na serial
    Serial.print("UID da tag :");
    String conteudo= "";
    byte letra;
    for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++)
    {
        Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " ");
        Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX);
        conteudo.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : "
"));
        conteudo.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX));
    }
    Serial.println();
}

```

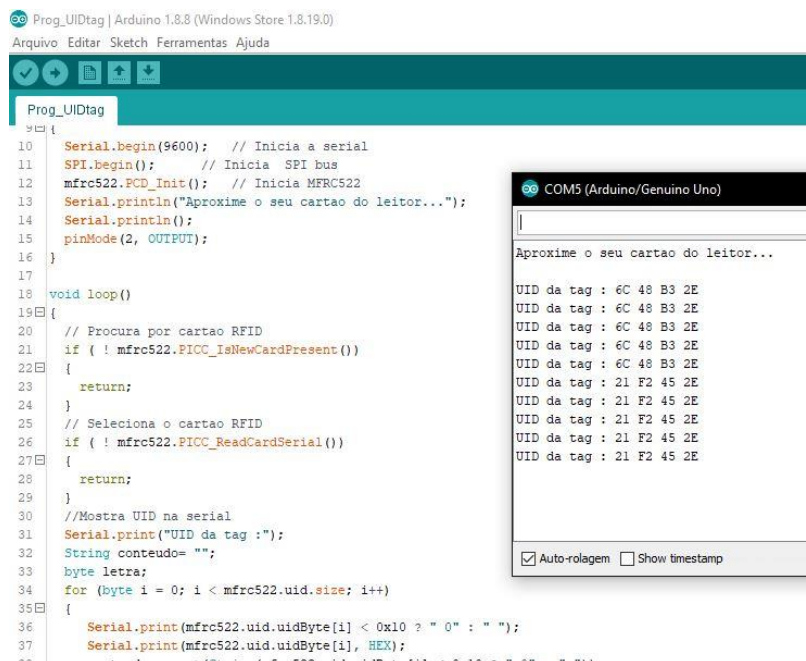


Fig. 29: Leitura da UID da Tag.

- Programa de acionamento: neste programa, também com o uso do monitor serial, ao inicia-lo, é requerido que se aproxime um dos cartões, sendo que o cartão 1 (UID - 21 F2 45 2E) escreve “Acionado” no monitor, indicando por exemplo, a ação de ligar um motor e o cartão 2 (UID - 6C 48 B3 2E) escreve “Desacionado”, indicando por exemplo, a ação de desligar um motor.

```
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>

#define SS_PIN 10
#define RST_PIN 9
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN);

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  SPI.begin();
  mfrc522.PCD_Init();
  Serial.println("Aproxime o seu cartao do leitor para executar uma
ação:");
  Serial.println();
  pinMode(2, OUTPUT);
}

void loop()
{
  // Procura por cartao RFID
  if ( ! mfrc522.PICC_IsNewCardPresent() )
  {
    return;
  }
  // Seleciona o cartao RFID
  if ( ! mfrc522.PICC_ReadCardSerial() )
  {
    return;
  }

  String conteudo= "";
  byte letra;
  for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++)
  {
    conteudo.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : "
"));
    conteudo.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX));
  }
  conteudo.toUpperCase();

  //Condição de acionamento - cartão 1
  if (conteudo.substring(1) == "21 F2 45 2E") //UID 1 - Cartao
  {
    Serial.println("Acionado");
    Serial.println();
  }

  //Condição de desacionar - cartão 2
  if (conteudo.substring(1) == "6C 48 B3 2E") //UID 2 - Cartao
  {
    Serial.println("Desacionado");
    Serial.println();
  }
}
```

### 3. PARTICIPAÇÃO EM EVENTOS

#### *3.1 14ª Semana de Ciência e Tecnologia – Semana C&T*

A 14ª Semana de Ciência e Tecnologia aconteceu entre 17 e 20 de Outubro de 2018. Ela acontece anualmente conforme a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, que é promovida pelo Ministério de Ciência e Tecnologia e objetiva reunir professores, estudantes para difundir junto com a ciência e tecnologia, a cultura e inserir a comunidade local no meio acadêmico. Neste ano a temática foi “Ciência para a redução das desigualdades”.

Foram realizadas apresentações nos dias 17 e 19 de outubro. Nelas foram expostos conceitos de Circuitos Elétricos, como transistores NPN, LDR's, fototransistores e amplificadores operacionais, cálculos de circuitos, projetos de sensores e seu funcionamento experimental e os resultados.

#### 4. CONCLUSÃO

O vigente relatório apresenta o estudo de módulo de sensores existentes já montados no mercado e propõe também circuitos eletroeletrônicos para o sensoriamento, visando auxiliar os estudantes do curso Técnico de Mecatrônica do CEFET-MG Campus VIII (Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais), Unidade Varginha nos projetos interdisciplinares existentes durante sua formação técnica deste curso. Desta forma, os objetivos foram alcançados.

Ao realizar este Projeto de Iniciação Científica Junior, as alunas obtiveram grande aprimoramento dos conhecimentos sobre o funcionamento dos sensores e também nas matérias técnicas do curso de Mecatrônica como Circuitos Elétricos e Eletrônica Analógica de Potência, aprenderam a projetar, desenhar e confeccionar placas de circuito impresso e a programação básica em C++ do Arduino.

Dos sensores motores estudados os LDR+AMPOP e fototransistor+AMPOP se mostraram mais eficientes do que o potenciômetro+AMPOP. Já o LDR+LED como seguidor de linha se mostrou bastante eficiente.

Também foram estudados os tipos de sensores motores e de ação. Os módulos de sensores de ação disponíveis para compra testados foram o sensor Ultrassônico HC-SR04, que obteve resultados positivos na detecção de um objeto em variadas distâncias, apenas com uma precisão menor que o esperado, sendo ela de em média, 3cm, que pode ser justificada pelas condições de teste como a inclinação do objeto e o uso da trena, um medidor de baixa precisão, no entanto é um sensor que atende bem a função desejada.

Dentre eles também foi testado o sensor leitor Rfid MFRC522 Mifare, que funcionou de forma satisfatória, uma vez que possui rápido tempo de resposta. E por fim o sensor de cor montado com componentes eletrônicos de fácil acesso, ele obteve resultados bons, seu tempo de resposta é um pouco menor que o sensor leitor de cartão para a mesma função desejada – indicar uma sala, mas também pode ser utilizado no robô.

Sua dificuldade em contrapartida do leitor de cartão está na montagem do mesmo, que é mais trabalhosa que comprar o sensor pronto, porém sua programação é mais simples. Deve-se analisar melhor o uso do amplificador operacional LM358, posto que o mesmo possui um limite de saturação, o que pode prejudicar o funcionamento do sensor.

Portanto, se espera deste relatório servir de auxílio para os alunos realizarem os futuros projetos que necessitem de sensores para realizar alguma função, fomentando a busca de novos conhecimentos e o interesse pelas áreas técnicas, desenvolvendo ciência e tecnologia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BOYLESTAD, Robert L. e NASHELSKY, Louís. Introdução à Análise de Circuitos. 10ª edição, Ed. Pearson Prentice-Hall, 2004.
- [2] BOYLESTAD, Robert L. e NASHELSKY, Louís. Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos. 8ª edição. São Paulo: Ed. Prentice-Hall, 2004.
- [3] NILSSON, James W. e RIEDEL, Susan A. Circuitos Elétricos. 6ª edição, Rio de Janeiro, Ed. LTC, 2003.
- [4] MALVINO, Albert Paul. Eletrônica. Volume 1, 4ª edição, Ed. Makron Books do Brasil. São Paulo, 2001.
- [5] Datasheets dos componentes utilizados na montagem dos sensores.
- [6] Datasheets dos módulos dos sensores.
- [7] <https://www.embarcados.com.br/rfid-cartoes-mifare/>
- [8] <http://blog.eletrogate.com/kit-rfid-com-arduino-sistema-de-controle-de-acesso/>