

# DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DIDÁTICO DE UM ROBÔ *QUADBOT* EXPLORADOR

SÁVIO A. ALVES, SIMÃO C. MENEZES, VANDILBERTO P. PINTO, RÔMULO N.C. ALMEIDA

*Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará*  
*Caixa Postal 62010-560, 3695-5703, Centro, Sobral, Ceará. Bloco I - Campo Sobral – Mucambinho.*  
*E-mails: savioandrealves@Gmail.com, cistino.fisica@hotmail.com,*  
*vandilberto@ufc.br, rnunes@dee.ufc.br*

**Abstract**— With the growth of technology, robotics has become a great tool influence on the understanding of the natural sciences, as well as a wide applicability in several areas. In addition to developing skills and competencies, search through your practicality achieve goals in an objective and concrete way. In this work we developed a robot Quadbot Explorer design showing one of several examples, the function to get objects from a random into an unknown environment; Distinguishing, based on conditioning in software, the objects in question and obstacles in the environment. The developed test project shows your application using the Arduino platform where the robot Quadbot Explorer can be seen as a study bench. Programmed functions and peripherals that can be used to carry out activities that were seen only in theoretical foundation. Test with Robotic prototype show its proper functioning on the proposed situations and the possibility of further research and studies with the prototype.

**Keywords**— Explorer Robot; Peripherals; Applications; Arduino.

**Resumo**— A tecnologia aplicada à robótica tem se tornando uma ferramenta de grande influência sobre o entendimento das ciências da natureza, assim como uma vasta aplicabilidade em diversas áreas. Além de desenvolver habilidades e competências, busca através de sua praticidade alcançar metas de uma forma objetiva e concreta. Neste trabalho foi desenvolvido um projeto de Robô Quadbot Explorador que mostra um, entre vários exemplos, a função de obter objetos de uma forma aleatória em um meio desconhecido, fazendo a distinção, com base em condicionamento em software, dos objetos em questão e obstáculos presentes no ambiente. O projeto de teste desenvolvido mostra sua aplicação usando a plataforma Arduino onde o Robô Quadbot Explorador pode ser visto como um protótipo didático que será utilizado para auxiliar o ensino em diversas disciplinas. As funções programadas e os periféricos que podem ser usados para exercerem atividades que eram só vista em fundamentação teórica. Teste com o protótipo Robótico evidenciam seu bom funcionamento diante das situações propostas e a possibilidade de aprofundar as pesquisa e estudos com o protótipo desenvolvido.

**Palavras-chave**— Robô Explorador; Periféricos; Aplicações; Arduino.

## 1 Introdução

A robótica vem evoluindo ao longo dos anos tornando possível utilizar robôs móveis nas mais diversas atividades. Uma das principais aplicações são as que envolvem riscos à vida humana, como desativação de minas, exploração espacial, entre outros.

Os principais sistemas móveis são projetados com rodas, ou esteiras, e apresentam grande eficiência em ambientes estruturados e/ou com poucas irregularidades. Contudo, tais sistemas apresentam grandes limitações em terrenos irregulares e pouco estruturados, como dutos e vulcões (Santos *et al*, 2006).

Os robôs de pernas, que imitam animais, preferivelmente, mamíferos ou insetos, apresentam algumas vantagens em relação aos robôs móveis com esteiras e rodas, pois os robôs de pernas se movem rapidamente em terrenos irregulares e tem capacidade de manter o corpo nivelado mesmo em terrenos muito irregulares (Santos *et al*, 2006).

Sobre a construção de protótipo voltado para o ensino, Ramos *et al* (2016) apresentou uma estrutura experimental do tipo *Ball and Beam* (bola e barra), com objetivo de colaborar para disciplinas em laboratório de Controle, através de novas práticas pedagógicas voltadas para o ensino. Junior *et al* (2016) apresentou uma plataforma didática voltada para o aprendizado da robótica, utilizando-se de

abordagens de modelagem para o manipulador. Machado *et al* (2014) desenvolveu uma Plataforma didática para treinamento em automação de substâncias utilizando sistemas embarcados. Pereira *et al* (2014) implementou uma plataforma didática para estudo da dinâmica do circuito de Chua. Moreira *et al* (2014) propôs uma plataforma didática de baixo curso para experiências em laboratório de controle.

A importância da criação do protótipo na instituição de ensino pode ser evidenciada em (Carmo *et al*, 2006).

Um protótipo construído numa instituição de ensino Superior, pelos seus alunos e professores, resulta num equipamento de manutenção facilitada, personalizado para uma dada finalidade e proporciona, ao mesmo tempo, um processo de independência tecnológica, bem como contato com as tecnologias mais atuais, além de ser uma oportunidade singular para seus construtores sedimentarem grande parte do conhecimento teórico adquirido na sala de aula (Carmo *et al*, 2006).

Este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um protótipo didático de um Robô Quadbot Explorador, utilizando peças fabricadas em uma impressora 3D, que sirva como

uma ferramenta para auxiliar o ensino de diversas disciplinas do curso de Engenharia Elétrica, como disciplinas introdutórias de física e seus laboratórios, programação computacional, microcontroladores, Controle de Sistemas dinâmicos dentre outras.

Os temas abordados neste artigo estão dispostos em seções, onde temos na seção 2 o desenvolvimento do protótipo, Seção 3 é apresentado os componentes eletrônicos utilizados, Seção 4, descreve as funções atribuídas ao robô, Seção 5, comenta os testes realizados e a Seção 6 as conclusões.

## 2. Desenvolvimento Do Protótipo

No protótipo proposto suas peças foram confeccionadas para sustentar, movimentar e proteger partes eletrônicas, fazendo uso de um material termoplástico cuja propriedade é ter sua rigidez contra impactos, ser flexível para sua modelagem e ter uma característica leve por se tratar de um copolímero.

As peças deste projeto foram desenvolvidas no *software sketchup 2015* e confeccionadas pela impressora 3D DE *MACHINE REPRAP PRUSA MENDEL V2* a partir do *software Repitier* com o material ABS-3 mm, cor preta, cujas dimensões projetadas foram dadas em milímetro; com o intuito da criação de um robô *Quadbot* que tenha uma estrutura, leve, resistente, barata, moldável e de ótimo acabamento.

No desenvolvimento do protótipo para a modelagem utilizou-se equações simplificadas, visto que é um projeto educacional.

### 2.1. Patas

Desenvolvidas para atuarem com dois graus de liberdade, as patas possibilitam o movimento do robô para frente e para os lados. São posicionados estrategicamente dois servos motores em cada pata e por sincronismo de algumas peças se deslocam na vertical e na horizontal formando um passo por vez do *Quadbot* (Alves, 2016).

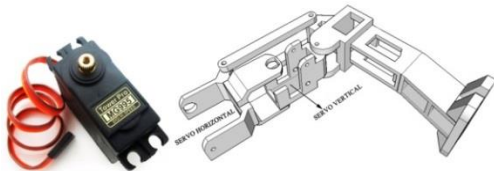


Figura 3 – Imagem do servo motor Tower Pro Mg-995 Alto Torque 15kg a esquerda e do lado direito o designer de uma das patas indicando a colocação dos servos

O *design* das patas é estrategicamente projetado para trabalhar com dois servos motores para diminuir o peso e a complexidade de controle.

### 2.2. Cálculos Utilizados Para Comprovar O Modelo Das Patas

Com base no torque dos servos motores, foram projetadas as peças do *Quadbot* e atribuída uma margem de segurança de 30% de torque não usado por cada motor garantindo sua integridade.

Cada motor possui 15 Kg.cm de torque. Tal dado é importante, pois não pode ser ultrapassado. Por este motivo o material ABS, utilizado nas confecções, deixa espaços livres entre as camadas de cada peça, ou seja, foi mensurado e usado pelo próprio *software* 70% da densidade do material para diminuir sua massa.

### 2.3 Motores Ligados ao Corpo

Temos 31 m de filamento de termoplástico em cada pata onde o máximo de material comprado é de 135m por quilograma. Fazendo a relação simples de regra de três sabemos a quantidade de massa utilizada.

$$\frac{1\text{Kg}}{135\text{m}} = \frac{x}{31\text{m}} \quad (01)$$

Onde x é igual a 0,23 Kg.

Como os motores têm 69g cada e assumimos a aceleração da gravidade g como sendo 10m/s<sup>2</sup>. Definimos o módulo do Peso **P** da pata como sendo:

$$P = (\text{massa do motor} + \text{massa das peças}) * g \quad (02)$$

$$P = (0,069 + 0,230) * 10 = 3\text{N}$$

Para constatar a eficiência dos servos motores, primeiro, são determinados os que se encontram na ligação do corpo do robô com suas patas, onde proporciona movimentos na Horizontal.

Com o peso **P** da pata já mensurada, foi impresso na impressora 3D uma pata com 20 cm de comprimento **R**.

Seguindo a segunda lei de Newton. Temos sua força-peso se anulando com a força Normal **N** da pata por terem, coincidentemente, o mesmo valor de intensidade. Dessa forma só temos a força exercida pelo motor **F**.

$$F = m * a = (\text{massa do motor} + \text{massa das peças}) \quad (03)$$

$$F = 0,3\text{Kg} * a$$

Para calcular a sua aceleração, disponibilizamos de mais um dado do servo motor, sua velocidade de 0,13s/60°.

Ou seja, 2,16 s/° que multiplica pelo ângulo de abertura desses servos, que se encontram no corpo do robô, de 30° na horizontal. Então temos 64,8 ms a cada passo.

Convertendo 30° para radianos, π/6, e usando a equação da velocidade angular,

$$\omega = \omega_0 + \alpha * \Delta t \quad (04)$$

$$\frac{\pi}{6} = 0 + \alpha * 64,8\text{m}$$

$$\alpha = 8,05 \text{ Rad/s}$$

A aceleração angular  $\alpha$  é transformada em aceleração linear pela equação abaixo.

$$a = \alpha * R \quad (05)$$

$$a = 8,05 * 0,2 = 1,64 \text{ m/s}^2$$

Lembrando que  $R$  é o comprimento da pata do robô que também é o braço de alavanca do sistema.

A força  $F$  pode então ser determinada como sendo:

$$F = 0,3 * 1,64 = 4,9 \text{ N}$$

Aplicando a equação do torque

$$\tau = F * R \quad (06)$$

$$\tau = 4,9 * 0,2 = 1,004 \text{ N.m}$$

Como os 15 Kg.cm do torque do motor são convertidos para N.m multiplicando seu valor por 10, 1971. Ou seja, é igual a  $\tau_{\text{motor}} = 1,470 \text{ N.m}$ .

Concluimos que o torque do motor não supera o torque exigido para mover as patas, uma vez que, é aproximadamente 68,3% do torque máximo do servo utilizado. Não comprometendo a integridade do motor.

$$\tau_{\text{motor}} > \tau$$

#### 2.4. Motores no Centros das Patas

Para conferir o torque exercido pelo servo motor que se encontra na parte central da pata. Cálculos devem ser feitos em dois momentos.

No primeiro momento se refere quando uma pata esta erguida, o servo motor tem seu torque obtido pela força-peso de algumas peças e a distância do eixo do motor até a articulação das peças verticais.

Temos 25,2m de filamento ABS que corresponde a 0,186 Kg de massa. Pela equação da força peso (02).

$$P_2 = m * g = 0,186 * 10 = 1,86 \text{ N}$$

A distância que liga o eixo do motor à articulação vertical é de 0,056 m.

Portanto seu torque para levantar a perna é de:

$$\tau = 1,86 * 0,056 = 0,105 \text{ N.m}$$

Sendo 7,14% do torque máximo do servo.

No segundo momento, o mesmo servo motor é utilizado para sustentar junto com mais dois servos toda a estrutura do robô quando uma das patas estiver sendo levantada.

Para isso temos que ter aproximadamente toda a massa do robô, com exceção das peças verticais das patas de apoio, para determinar a força peso  $P_3$ . Utilizando os dados da Tabela 1, onde se encontram

as massas de cada parte da estrutura em função da quantidade de filamento termoplástico usado. Não foi levada em conta a massa de qualquer outro material.

Tabela 1 – Massas de algumas peças do Robô

Peças	Cumprimento do Filamento ABS	Massa em Kg
Garra	2781mm	0,304
Cabeça	13425mm	0,099
Corpo	41118mm	0,030
Motores	---	4*69 g = 276g = 0,276
Total		0,709 Kg

Sua força-peso

$$P_3 = 0,709 * 10 = 7,033 \text{ N} \quad (07)$$

Como estão sendo atribuídos quatro servos motores para manter o robô em pé, cada servo motor terá um torque de:

$$\tau = \frac{7,033 \text{ N}}{4} * 0,170 \text{ m} = 0,3 \text{ N.m} \quad (08)$$

O valor 0,170 m foi obtido a partir da distância entre o eixo do servo motor central da pata, até o centro do corpo do *Quadbot*, considerando que seu centro de massa esteja nessa posição por testes empíricos. Mas como se trata de três motores sustentando a estrutura quando a quarta pata se encontra erguida, o torque de cada motor central da pata é de **0,398 N.m**.

Como demonstrado o novo torque nos motores também não é suficiente para danificá-lo.

#### 2.5. Movimento Vertical das patas

O movimento vertical das patas de apoio a partir do sistema mecânico pode ser entendido através da Figura 4. Sempre que o servo motor faz uma torção de 40° para 140°, as linhas paralelas vermelhas se inclinam simultaneamente devido seus encaixes.

A pata de apoio, linha vertical azul direita, se ergue perpendicular ao solo a uma altura aproximada de 4 cm. Esse valor é igual à distância existente entre as retas paralelas.

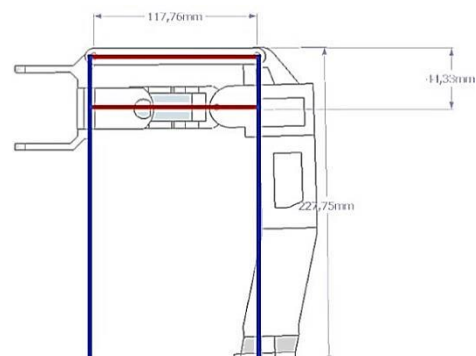


Figura 4 – Movimento vertical das patas.

Todos os cálculos referentes aos torques dos motores foram feitos sem preocupação com a influência das partes eletrônicas.

## 2.6. Corpo

A maior parte do material ABS – 3 mm do projeto está concentrada no corpo do Robô Explorador, sempre tendo o cuidado para não comprometer o funcionamento dos motores devido ao seu peso; com o mesmo propósito foram feitas algumas áreas vazadas ao longo do corpo, sem se inquietar com a estética, não afetando a colocação das patas e nem dos componentes eletrônicos.

A Figura 5 mostra claramente o corpo do robô e as quatro posições laterais para a conexão das patas. Também tem quatro orifícios que correspondem à posição dos parafusos que receberam porcas em sua montagem; dessa maneira a pressão entre as duas metades do corpo mantém os motores fixos na estrutura. Uma plataforma Arduino Uno fica dentro do corpo do robô para sua proteção, em um espaço criado a partir de suas dimensões. Nas costas está uma placa de fenolite, onde seus componentes constituíram as ligações e suporte para os periféricos do Arduino Uno R3. Também é visto um coletor de esferas que armazena durante seu funcionamento. Na frente do corpo há espaço para um quinto servo motor que corresponderá à cabeça do robô que será explanada mais à frente.

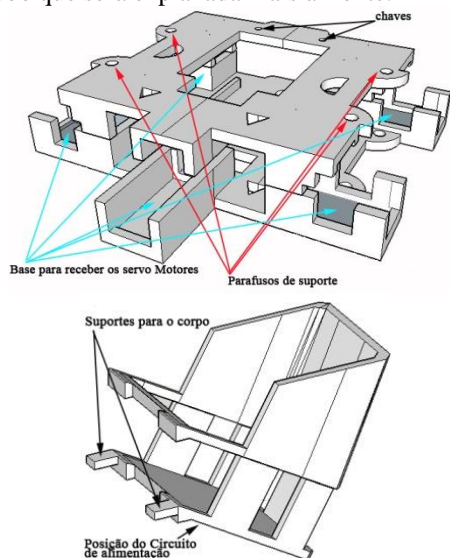


Figura 5 – Corpo do robô Explorador com seu coletor à direita

## 2.7.Cabeça

Na Figura 6, temos as partes da cabeça do robô, tendo dois graus de liberdade (Pontos D e E), possibilitando um movimento para se mover para os lados e, outro, para se mover na vertical, que serão pertinentes nas funções do robô.

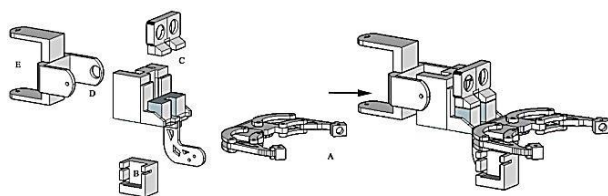


Figura 6 – Cabeça do Robô Explorador

Um sensor de distância é colocado perto da extremidade, onde se encontra uma garra (Ponto C) que é movimentada por um servo de pequeno porte o Micro Servo Motor *Tower Pro 9g Sg90*. Este motor tem um torque 1,8 Kg.cm (6V como alimentação), preso em um recipiente (Ponto B). Também temos nessa garra ventosas de borrachas que, por pressão exercida prende os objetos (Ponto A).

Na Figura 7, vemos, à esquerda, à constituição da mesma com perspectiva na parte superior e inferior; e no lado direito, o seu movimento de abertura. Sem as Ventosas de borracha.

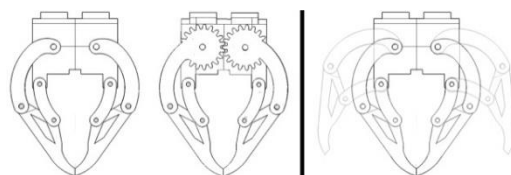


Figura 7 – Movimento da Garra do Robô Explorador

## 2.8.Pressão Exercida pela Garra coletora

O torque do Micro servo motor e de 1,8 Kg.cm = 0,156 N.m. Sua força aplicada na garra coletora fica sendo em função de seu braço de alavanca, 2 cm de comprimento, que é responsável pela rotação da engrenagem:

$$F = \frac{\tau}{r} = \frac{0,156 \text{ N.m}}{0,02 \text{ m}} = 7,845 \text{ N} \quad (09)$$

Tal força mensurada e aplicada na extremidade da garra com uma pressão de:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{7,845 \text{ N}}{0,03 \text{ mm}^2} = 261,5 \text{ N/m}^2 \quad (10)$$

Onde a área de contato com a ventosa de borracha é de 5 mm x 6 mm (0,03mm<sup>2</sup>). Essa pressão empiricamente atende às necessidades do projeto.

## 3. Componentes Eletrônicos

No Robô é usado um Arduino UNO R3 que é um "open source", uma plataforma aberta de computador, baseada em uma placa com 14 pinos digitais de entradas e saída (input/output), sendo 6 PWM, e 6 analógicos de entradas (input), conforme ilustrado na figura 8. Tais pinos têm uma tensão de funcionamento de 5V, correspondente aos mesmos numa corrente DC de 40 mA. Tem um ambiente desenvolvido que programa e processa linguagens. Ele pode ser usado para desenvolver objetos

interativos independentemente, ou pode ser conectado em um software em seu computador.

Outro dispositivo é o sensor ultrassônico HC-SR04 que funciona com o Arduino como um detector que desvia/evita obstáculos ou pode corrigir rotas de um Robô. Dispõe de três pinos o Ground (Terra), Trigger (Gatilho) e o Echo (Eco).

Também temos servos motores responsáveis por todos os movimentos do Robô Explorador, devido sua forma precisa e controlada. É constituído por um circuito controlador responsável por monitorar seu potenciômetro e, aciona seu motor para uma posição pré-definida. Seu controle é feito ao receber um sinal PWM. O sinal PWM varia entre 0 – 5V em intervalos de 20ms. Quando ocorre alteração na largura desse sinal ele altera a posição do eixo para que essa coincida com o sinal recebido.

Uma placa Adafruit 16-Channel Servo Driver se comunica com o arduino Uno R3, cuja função é ampliar os canais de controle até 16 servos motores, a qual controla 11 nesse projeto. Esta placa utiliza um protocolo de comunicação I<sup>2</sup>C, é um Barramento serial multimestre desenvolvido pela Philips que é usado para conectar periféricos de baixa velocidade a uma placa mãe, a um sistema embarcado ou a um telefone celular. Por isso toma apenas quatro fios para se conectar ao Arduino, e há um conector de quatro pinos padrão que seja ligado diretamente ao Controlador Servo (figura 8).

Tabela 2 – Relação entre os pinos do Arduino Uno com o cabeçalho do Controlador de Servo

ARDUINO	CONTROLADOR SERVO
+ 5v	VCC
GND	GND
Analog 4	SDA
Analog 5	SCL

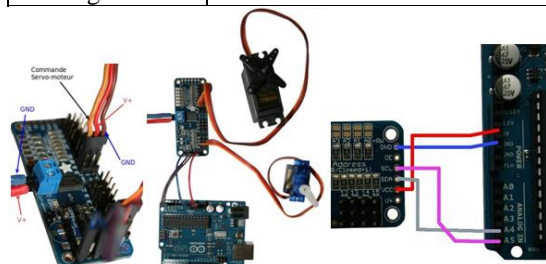


Figura 8 – Placa que Controla Servos

À placa, deve ser atribuído um endereço exclusivo. Isto é feito com o endereço *jumper*s (saltadores) no canto superior direito da placa. O endereço base I<sup>2</sup>C para cada placa é 0x40. O endereço binário que você programa com os *jumper*s de endereços é adicionado à base Endereço I<sup>2</sup>C.

Um módulo ajustável como regulador de tensão funciona como um conversor DC-DC no modo *Step Down*, ou seja, conversor *Buck* (abaixador) não isolado tendo a capacidade de reduzir uma carga de até 5A com excelente eficiência. A sua tensão de saída pode ser ajustada com o potenciômetro entre 1,25 a 36 V, podendo ter como entrada 4 a 38 V. Possui uma velocidade de comutação de 150 KHz e pode ser aplicado em circuitos onde a saída de um

sensor é superior a 5V (Tensão máxima suportada pela entrada em um Arduino ou PIC). Dispositivo ideal para alimentar outros periféricos do Arduino, uma vez que sua tensão de alimentação pelos pinos não é suficientes para suprir todas as suas necessidades. No Robô Explorador, o Sensor Ultrassônico é alimentado junto com o Adafruit 16 - Channel Servo Driver (Controlador de Servos) com uma tensão de 5V na saída do Regulador de tensão. A alimentação de todo o projeto é feita por intermédio de uma fonte de bancada.

Portanto, temos o Arduino se comunicando com a placa que controla os motores e outra de fenolite com todos os demais periféricos; Sensor ultrassônico e o regulador de tensão, sendo um deles.

O Robô Explorador *Quadbot* já concluído é mostrado na Figura 9.



A Figura 9- Projeto Robô Explorador Quadbot Concluído

#### 4 Função Do Robô Explorador

A atuação do robô tem seu início quando for determinada a quantidade de esferas plásticas que serão coletadas. À medida que é pressionado o primeiro botão Micro Chave *Push Button* (Botão de Apertar), que se encontra na placa de fenolite (Figura 10), seu display de sete segmentos de catodo comum mostra visualmente valores entre 1 à 9; Em seguida, após decidir a quantidade de esferas a ser coletadas, outro botão Micro Chave *Push Button* inicia o movimento do Robô ao ser pressionado.

As funções de cada periférico estão sendo controladas pelo Arduino Uno R3, os quais se encontram na placa externa (Figura 10).

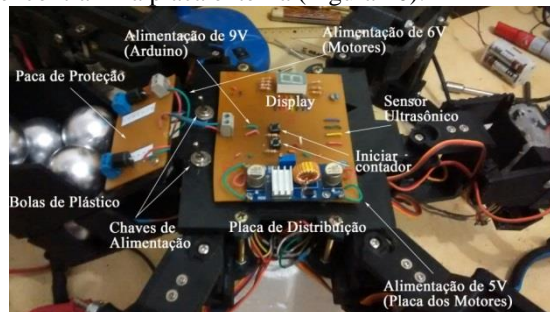
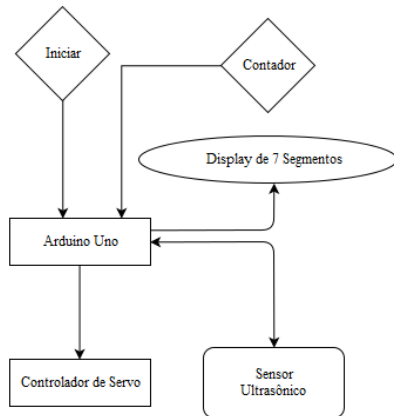


Figura 10 – Placa de fenolite com os periféricos do Arduino

Quando o sensor ultrassônico HC-SR04 reconhece algo no solo contribui com a decisão de olhar para frente, caso exista um obstáculo a uma distância pré-determinada fazendo o robô “entender” que não é uma esfera, e desvia aleatoriamente para

um dos lados. Se o robô não tiver nada obstruindo sua “visão”, ao levantar sua cabeça, então se trata de uma esfera e volta a baixar as garras e as prende depositando em suas costas que as direciona, por intermédio de uma rampa, a um coletor. Em seguida, o display decrementa seu valor a cada esfera coletada.

Quando todas as esferas são armazenadas, o display vai indicar o momento em que o *Quadbot* deve para suas funções.

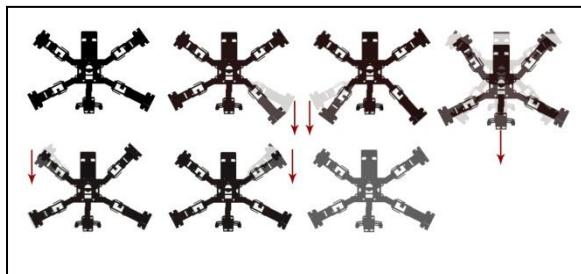


A Figura 11 - Fluxograma do Projeto Robô Explorador

Fluxograma na Figura 11, representa a função que deve ser desempenhada pelo Robô Explorador *Quadbot* para a obtenção de esferas de plástico.

Toda lógica de programação foi feita em linguagem C em malha aberta, na qual a resposta do sistema é dada quando a variável de entrada, pulso PWM, é introduzida pelo controle a partir dos dados coletados pelo sensor, correspondendo a uma ação pré-determinada em termos condicionais.

É visto na Figura 12 o movimento onde é constatado a eficiência em seu movimento. Uma vez que o intuito do *Quadbot* é dar um passo por vez em cada pata, dessa forma as outras três mantêm toda a estrutura do robô estável.



A Figura 12 – Movimento do Robô Explorador *Quadbot*

## 5 Testes e Resultados

Ensaio foram feitos com o Robô *Quadbot* para constatar seu uso. O Robô Explorador foi colocado em uma trajetória demarcado em direção a um obstáculo na qual deveria desviar para um dos lados devido o uso de seu sensor Ultrassônico. Em outro teste, algumas esferas de plástico foram distanciadas

10 cm uma da outra com o intuito de serem coletadas pelo Robô. Foi mensurada a distância de um passo dado pelo Robô para constatar se o ângulo atribuído ao mesmo foram respeitados.

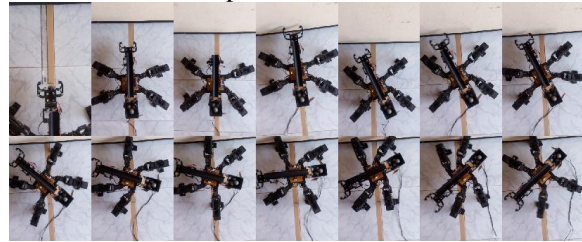


Figura 13 – Robô desviando Obstáculo.



Figura 14– Robô Coletando as esferas de plásticos.



Figura 15 – Um Passo do Robô Explorador.

O desvio de obstáculos, a obtenção das esferas foi bem sucedida e o ângulo responsável pelo passo do Robô teve uma resposta satisfatória.

Todo o sistema de locomoção, aderência ao solo regular, desempenho do sensor ultrassônico e a garra utilizada para a coleta se portaram como era previsto no projeto pós o Robô Explorador desvio de forma aleatória, imposta pelo programa de controle em malha aberta, para a direita ou esquerda ao se deparar pelo obstáculo inúmeras vezes; É sua garra coletou em cada 10 cm de distância uma esfera de plástico totalizando, por escolha, três esferas. Assim, como os ângulos dados entre os segmentos das patas, teve como resposta o movimento para frente segundo a sequência abaixo. Exemplificando a pata frontal esquerda, como tendo dado um passo de 10 cm que esta em função de 30° de abertura em conjunto com o tamanho da pata.

Tabela 3 – Relação de ângulos e as patas para que o robô consiga exercer um movimento para frente.

Sequência	Motor Elo	Motor Eixo
Pata 1 (Frente Direita)	30°	60°/90°
Pata 2 (Frente Esquerda)	30°	60°/90°
Pata 3 (Traseira Direita)	45°	60°/90°
Pata 4 (Traseira Esquerda)	45°	60°/90°

## 6 Conclusão

O protótipo desenvolvido servirá como uma ferramenta para auxiliar no ensino de disciplinas introdutórias de física e seus laboratórios, programação computacional, microcontroladores, Controle de Sistemas dinâmicos, dentre outras.

O projeto do Robô *Quadbot* apresentou eficiência durante a prática em campo pela busca dos objetos, bem como sua obtenção. Embora não tenha sido levada em consideração a geometria do robô como fator significativo para a movimentação do mesmo, novas alterações em sua estrutura possam ser realizadas para um melhor desempenho futuro como para novas tarefas das quais possa ser incumbido além, das já existentes como um rigoroso reconhecimento de objetos específicos.

Como continuidade ao trabalho, pretende-se propor práticas para as disciplinas já mencionadas utilizando o Robô Explorador e realizar melhorias em sua estrutura.

## Agradecimentos

Agradeço aos professores da Universidade Federal do Ceará-Campus de Sobral por sua dedicação ao longo do curso de Engenharia Elétrica.

## Referências Bibliográficas

- Santos, G., Pablo, Garcia, Elena, Estremera, Joaquin (2006). *Quadrupedal Locomotion: An Introduction To The Control Of Four-Legged Robots*. XIV, 267 p. 135 illus; Hardcover; ISBN: 978-1-84628-306-2.
- Carmo, E. A., Silva, O. F., Barreiras, J. A. L., Ferreira, A. O (2006). *Construção De Protótipo Didático: Uma Abordagem Diferenciada No Processo De Ensino/Aprendizagem De Engenharia*. XVI – Congresso Brasileiro de Automática, Salvador-BA.
- Ramos, J. S., Machado, L. T., Neto, A. F. S., Santos, M. F (2016). *Projeto De Um Sistema Ball And Beam Para O Ensino De Controle Automático*. XXI – Congresso Brasileiro de Automática, Vitória-ES.
- Junior, G. A., Lima, A. B., Barros, P. R (2016). *Identificação E Modelagem Da Plataforma Robótica Didática*. XXI – Congresso Brasileiro de Automática, Vitória-ES.
- Machado, D. S., Rodrigues, M., Almeida, R. M, A (2014). *Plataforma Didática Para Treinamento Em Automação De Subestações Utilizando Sistemas Embarcados*. XX – Congresso Brasileiro de Automática, Belo Horizonte- MG.
- Pereira, J. O., Sansão, J, P, H., Cardoso, A. S, V., Mozelli, L, A(2014). *Plataforma Didática De Baixo Custo Para Experiências Em Laboratórios De Controle*. XX – Congresso Brasileiro de Automática, Belo Horizonte- MG.
- Moreira, R, M., Munhoz, H, B., Kairalia, A. D., Vellozo, G, F, C., Ameida, R, M, A (2014). *Plataforma Didática e Experimental Para Investigações Do Circuito de Chua*. XX – Congresso Brasileiro de Automática, Belo Horizonte- MG.
- Alves, S. A (2016) *Desenvolvimento De Um Robô QUADBOT Explorador*. Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, Campus de Sobral.