

# DESENVOLVIMENTO DE UM ROBÔ BÍPEDE AUTÔNOMO CAPAZ DE FAZER CURVA

**M. L. Freire<sup>1</sup>, R. F. O. Pereira<sup>2</sup>, L. F. Wiltgen Barbosa<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> LRA/FEAU/UNIVAP – São José dos Campos – SP

<sup>1</sup>marinilson@bol.com.br, <sup>2</sup>robsonsjc2002@yahoo.com.br, <sup>3</sup>wiltgen@univap.br

**Resumo** - Este artigo apresenta o desenvolvimento de um robô bípede simples e autônomo com câmera embarcada e múltiplos sensores que é capaz de fazer curva. O robô aqui descrito é a terceira geração deste tipo de máquina construída no *Laboratório de Robótica e Automação* (LRA) da FEAU/UNIVAP, além de ser um aperfeiçoamento de outra máquina também construída e projetada no LRA. O projeto e a construção do primeiro robô (segunda geração) foi realizado como uma das etapas de avaliação na disciplina de robótica prática no curso de engenharia elétrica da FEAU/UNIVAP no segundo semestre do ano de 2005. A construção do segundo robô é uma versão aprimorada baseada no projeto do primeiro robô. Entretanto, esta máquina foi projetada para fazer curva.

**Palavras-Chave:** Robótica, bípede, microcontrolador, educação.

**Área do Conhecimento:** III - Engenharias.

## Introdução

Nos últimos anos varias máquinas e equipamentos estão sendo construídos para substituir o homem na realização de algumas tarefas. Estas máquinas fazem parte das pesquisas de um ramo da ciência chamado Robótica. Pode-se dizer que a robótica engloba tanto sistemas mecânicos, elétricos e eletrônicos, tornando assim seu estudo multidisciplinar.

Dentre os diversos tipos de robôs existentes, pode-se dizer que os semelhantes aos seres humanos são os que despertam mais interesses dado que estes possuem sistemas complexos. Estes robôs humanoides ou bípedes (BEZERRA, 2004) tem sido demonstrado por estudantes de engenharia na disciplina de robótica pratica na FEAU/UNIVAP (BARBOSA, 2006).

O primeiro robô construído no segundo semestre de 2005 (FREIRE, 2006) foi uma máquina simples que se deslocava em linha reta. Os primeiros robôs bípedes, construídos no LRA, se deslocavam apenas para frente, eram totalmente autônomos, mas limitados em tempo de uso devido ao consumo de energia.

Os bons resultados obtidos com esta máquina despertaram interesse nos autores em construir uma nova máquina, capaz de executar tarefas mais complexas. Esta nova versão fez parte do trabalho de conclusão de curso em engenharia elétrica no ano de 2007.

As principais características deste robô são: a movimentação em diversos sentidos fazendo curvas para desviar de obstáculos podendo ser utilizado em exploração de ambientes desconhecidos; e a operação de forma autônoma, ou seja, sem nenhuma intervenção externa humana para a execução dos movimentos.

## Aspectos Construtivos do Robô

A escolha dos materiais para a construção do sistema mecânico partiu de uma idéia inovadora na utilização de pequenos tubos de fibra de carbono, os quais são encontrados com muita facilidade em lojas de material de pesca. Tais tubos são partes integrantes de varas de pesca telescópicas. As vantagens no uso desses materiais vão desde o baixo custo até a alta resistência e baixo peso.

Com base nas medidas dos tubos de fibra de carbono disponíveis para a construção do sistema mecânico, foi definido o tamanho ideal da estrutura mecânica para abrigar os motores e sensores, além do circuito de controle. Com isto foi possível desenvolver uma estrutura com características semelhantes ao primeiro robô, mas com algumas alterações para possibilitar a execução das curvas durante a movimentação.

A Figura 1 mostra o desenho das principais partes do sistema mecânico do robô.

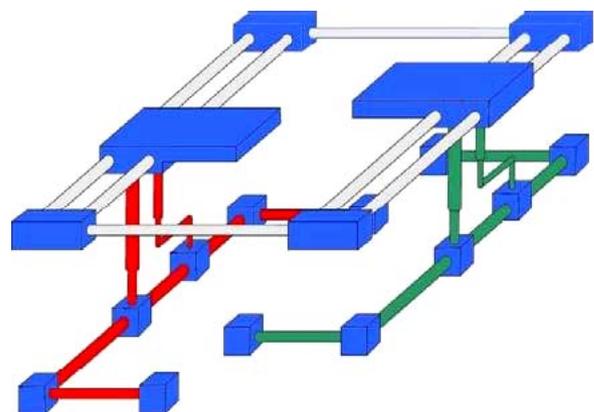


Figura 1 – Sistema mecânico do robô.

Além dos tubos de fibras de varas de pesca telescópicas, foram utilizadas peças de material plástico para a junção dos tubos além das bases para fixação dos motores e sensores, formando assim a estrutura mecânica do robô. Tais peças foram desenhadas em computador e em seguida fabricadas na oficina mecânica da UNIVAP. O material plástico utilizado é do tipo alta resistência que foi conseguido em ferro velho.

Durante a montagem foram necessários alguns ajustes nas peças, pois os tubos de fibra de carbono possuem medidas fora de padrão além de serem cônicas.

Com o sistema mecânico definido, foi possível determinar o número total de sinais de entrada e saída (*I/O – In/Out*) necessários para o controle do robô. Existem atualmente muitas opções para implementação do controle via microcontroladores. As mais interessantes economicamente e tecnicamente, são as famílias de microcontroladores do tipo *PIC®* (*Microchip – EUA*) e *Basic Step®* (*Tato equipamentos eletrônicos – Brasil*).

Devido ao grande número de sinais de entrada e saída e a facilidade na utilização do compilador, decidiu-se pela utilização do microcontrolador *Basic Step M8*.

O controlador é responsável pelas manobras de desvio de obstáculos detectados via sensor ultra-sônico (sonar) localizado na dianteira do robô e acoplado a um servo motor que movimenta o sonar com ângulo de varredura de aproximadamente 180°.

A escolha dos motores para o deslocamento do robô foi feita com base nas necessidades de velocidade e torque necessários para a execução dos movimentos.

Para o movimento do conjunto das pernas e movimento de subida e descida dos pés foi utilizado o servo motor *Hobbico®* modelo *CS-60* e para o movimento de giro dos pés foi utilizado o servo motor *SG90* da *Tower Pro™*. Foi necessário efetuar uma modificação nos servos motores *CS-60* para que os mesmos pudessem trabalhar como servos de rotação. Os servos motores *SG90* trabalham como servos de posição para a execução do giro dos pés.

Os sensores utilizados no robô foram chaves de contato do tipo micro fim-de-curso, as quais foram distribuídas em vários pontos da máquina para detectar os movimentos das pernas e pés.

Há possibilidade de se adaptar uma micro-câmera sem fio embarcada, a fim de se mostrar o ambiente remotamente via sinal de rádio.

### Funcionamento do Robô

O sistema opera de forma independente, ou seja, após o início do funcionamento (alimentação

ligada) os movimentos são executados passo a passo, respeitando cada um o término do movimento anterior que é indicado por um sensor. O programa de controle do robô prevê uma condição inicial de funcionamento que deve ser atendida para que a lógica seqüencial possa operar de forma correta.

Quando a máquina é energizada, o programa faz a execução das posições iniciais dos movimentos que são os pés abaixados e alinhados com a base principal. O controle então aguarda até que os micros fim de curso dos motores de subida e descida dos pés indiquem que os mesmos estejam abaixados.

O posicionamento do giro dos pés não prevê confirmação através de sensores, uma vez que esses movimentos operam com servos de posição. Um sinal de pulso é enviado para os servos e o programa somente aguarda um pequeno intervalo de tempo para que os servos se posicionem. Uma vez satisfeita a condição inicial de funcionamento, o programa segue a seqüência lógica de funcionamento que passa para a verificação de obstáculos à frente do robô.

A leitura de obstáculos é feita pelo módulo sonar que, ao emitir um sinal, dispara no microcontrolador um temporizador que é desligado somente quando o sonar recebe a resposta do sinal enviado, obtendo assim o tempo de vôo para o som ir do sensor até o objeto e retornar. Esse tempo está relacionado com a distância do obstáculo e pode então ser utilizado como referência de distância do robô até o referido obstáculo. A Figura 2 mostra como funciona o sonar e o sinal enviado para detecção do obstáculo.

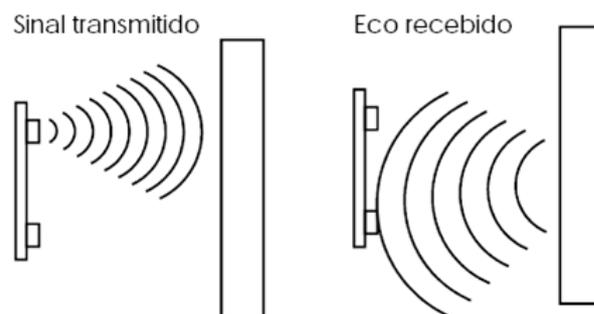


Figura 2 – Sonar para verificação de obstáculo.

A lógica de leitura de obstáculos à frente do robô é executada mediante a comparação de distâncias. Se a leitura do sonar à frente do robô não identificar obstáculos, o programa continua a executar o movimento para frente.

A cada ciclo de movimento para frente, ou seja, a cada passo a frente do robô, o programa executa a rotina de verificar obstáculo à frente até que o sonar indique um obstáculo. Neste caso, a execução do programa vai para uma rotina de

leitura completa de obstáculos nas posições direita, frente e esquerda. Após a leitura, três valores de distância são capturados e então o programa vai para a rotina de comparação desses valores. Na seqüência, a lógica do programa irá decidir para qual dos lados o robô poderá se deslocar, sempre de acordo com a maior distância identificada pelo sonar.

Uma vez tomada a decisão de movimento em frente, o programa passa para a rotina de movimento em frente, a seqüência começa com o levantamento do pé direito até atingir o sensor do pé em cima, e em seguida é acionado o servo motor de movimento frente até que a perna suspensa acione o micro fim de curso. Em seguida, o pé direito abaixa, e nesse ponto já temos o primeiro passo dado à frente.

A seqüência de movimentos continua com o levantamento do pé esquerdo até atingir o sensor do pé em cima e o servo motor do movimento frente é acionado novamente no sentido contrário, fazendo com que o robô se desloque mais um passo a frente, pois neste ponto o pé apoiado no chão é o oposto ao anterior.

Para que o robô possa fazer uma curva a direita, o programa passa para a sub-rotina de mover a direita, que começa com o levantamento do pé direito até o fim de curso e então o pé esquerdo é movido 30 graus para a esquerda, como pode ser visto na Figura 3.

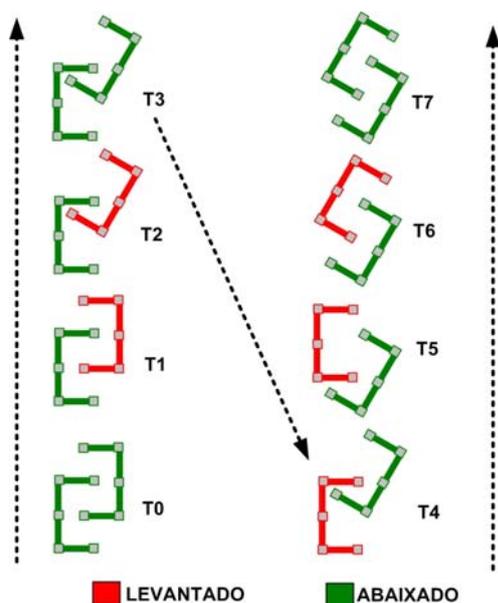


Figura 3 – Seqüência de movimento à direita

Como o pé esquerdo está apoiado no chão, então a base do robô, juntamente com o pé direito, é movida 30 graus para a direita (Posição T2 da Figura 3). Neste momento, o pé direito está alinhado com a base, ou seja, paralelo à base. O pé direito desce e em seguida, são iniciados os

procedimentos para o alinhamento do pé esquerdo.

O pé esquerdo sobe até o fim de curso, em seguida, o movimento frente é acionado movimentando-se a perna esquerda para frente até o seu fim de curso (Posição T5 da Figura 3).

Na seqüência, o pé esquerdo é movido 30 graus à direita, alinhando com a base e o pé direito. Em seguida, o pé esquerdo desce. Após esta seqüência o robô completa a curva a direita.

Para a curva a esquerda, a seqüência é a mesma, porém com os sentidos de movimento invertidos.

Após a execução da curva, o programa passa para o movimento frente onde novamente, ao final do primeiro passo, será feita uma leitura de obstáculo à frente e com isso a seqüência lógica de funcionamento do robô é completada.

### Resultados Preliminares

Os parâmetros e as características construtivas do robô podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1 - Características do robô bípede.

Peso Total	~0,6 kg
Comprimento	195 mm
Largura	184 mm
Altura	280 mm
Número de Motores	06
Número de Sensores	06

O circuito eletrônico (Figura 4) funcionou como o previsto para a parte de controle dos motores.

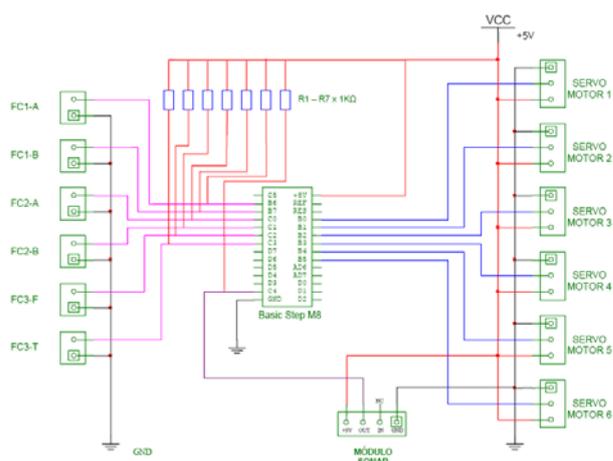


Figura 4 – Circuito eletrônico do robô

Foram efetuados testes com os motores e as chaves de fim de curso, sendo que, a seqüência lógica para o funcionamento destes operou de forma satisfatória.

Para a realização dos testes dos servos motores de giro dos pés, foram utilizadas micro

chaves que acionavam as sub-rotinas de giro a direita e giro a esquerda no programa.

### **Conclusão**

O desenvolvimento deste trabalho exigiu dos envolvidos uma capacidade criativa muito grande, pois a partir dos objetivos propostos deu-se início a análise de várias idéias, e após algumas simulações, chegou-se em um modelo que atendesse aos requisitos de funcionamento e disponibilidade de recursos.

A fabricação de sistemas mecânicos mais complexos exige uma estrutura de apoio equipada com o maquinário específico para a fabricação de peças e ajustes necessários.

Mesmo com as dificuldades financeiras e os inúmeros imprevistos encontrados durante o desenvolvimento desse robô, foi possível adquirir um maior conhecimento dos pontos importantes de um projeto, como exemplo, a especificação dos materiais, administração do tempo e dos recursos financeiros limitados.

Na parte eletrônica, a decisão em se utilizar o microcontrolador *Basic Step M8* foi positiva, pois foi possível aprender muito rapidamente em como se programar e utilizar esse componente.

Na parte mecânica, não foi obtido o resultado esperado. A utilização dos tubos de fibra de carbono, que a princípio se mostrava muito promissora, tornou o sistema mecânico muito complicado. Pois o peso e o atrito entre as partes de fibra de carbono produziam travamento dos movimentos e impossibilitavam o movimento como o projetado para esta máquina. Mesmo assim, esta desvantagem agregou grande conhecimento que atualmente tem sido transferido as outras gerações de robôs bípedes projetados e construídos no LRA/FEAU.

### **Referências**

- BEZERRA, C.A.D., Zampieri, D.E. Biped robots: the state of art, International Symposium on History of Machines and Mechanisms (HMM 2004), Cassino, (2004).

- BARBOSA, L.F.W., PEREIRA, R.F.O, FREIRE, M.L. Robô bípede simples e autônomo para o ensino de robótica prática, 6<sup>o</sup> Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia de Controle e Automação (6<sup>o</sup> ENECA), Curitiba, setembro 3-7, 2006.

- FREIRE, M.L., PEREIRA, R.F.O., HORAK, C.A., BARBOSA, L.F.W. Introdução ao ensino de robótica na prática via construção de um robô bípede simples e autônomo, XVI Congresso Brasileiro de Automática (CBA 2006), Salvador, outubro 3-6, 2006.