

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO
RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS DE ENGENHARIA
PROJETO INTEGRADO

ALUNOS

Edson Luiz Sebold Martins

Elís Regina Zawadzki

Jonat Robert Becker

Lucas Caldoncelli Rodrigues

1. INTRODUÇÃO

O crescimento das atividades esportivas em todos os níveis da sociedade provoca uma proporcional demanda no segmento de equipamentos esportivos sejam eles acessórios ou produtos para treinamento de atletas em seus diversos níveis.

O tênis após as vitórias de nossos atletas no exterior, especialmente a brilhante fase de “Guga”, trouxe um incentivo nunca antes visto neste esporte, sendo que isto pode ser acompanhado pelos números da Confederação de Brasileira de Tênis (CBT) demonstram este crescimento.

Com o crescimento apontado por pesquisas de mercado bem como o grande apelo aos cuidados com a saúde física cultuados em nossa sociedade somados a não produção deste tipo de equipamento em território nacional proporcionam o ambiente favorável para o desenvolvimento deste projeto.

	Antes do Guga	Depois do Guga	Crescimento %
N Praticantes	400.000	600.000	50%
N de Quadras	7000	10000	43%

(fonte: CBT)

Tabela 1 - Comparação Antes e Depois do Guga

	Antes do Guga	Depois do Guga	Crescimento %
Raquetes Vendidas (ano)	60.000	140.000	133%
Bolinhas Vendidas (Milhões por anos)	1,2	2,9	142%

fonte: Wilson do Brasil

Tabela 2 Comparação Aumento vendas de equipamentos

Nosso protótipo procura simular os principais movimentos do jogador de tênis eliminando a necessidade de um parceiro de treinos o que nem sempre é possível ou financeiramente viável para o desenvolvimento de treinos regulares.

Sendo assim os principais tipos de rebatidas de tênis, ou seja: bola do tipo flat (chapada); *down-spin* (rotação para baixo) e *up-spin* (rotação para cima) e ainda movimentação lateral proporcionada por um conjunto de uma polia e motor de passo bipolar, sendo que o lançamento dispositivo usa motores AC de 7000 RPM e que através de um conjunto de polias dispostas em um ângulo de 45 ° realizam os disparos.

Estando todos os componentes dispostos dentro de uma carenagem interna de alumínio sobre uma base de madeira com apoiadores de borracha para proporcionar um maior aderência ao piso e assim uma maior estabilidade geral.

Um software para seleção e interface com o usuário será construído baseando-se em nas rotinas de disparo do protótipo, utilizando-se de uma interface intuitiva para seleção de bolas bem como um mecanismo de controle do equipamento.

Nosso principal objetivo é um produto de baixo preço que possa solucionar as duas lacunas existentes no mercado uma referente a preço já que a importação aumenta o preço deste produto consideravelmente, outra referente à assistência técnica mais eficaz e ainda desenvolvendo um produto plenamente nacional.

2. OBJETIVOS

Os objetivos desse protótipo são simular os três tipos de bolas mais comuns na prática do tênis baseando-se nos equipamentos já existentes no mercado, sendo assim os lançamentos serem realizados por um módulo mecânico composto por polias que desenvolveram rotação constante e variável, esta proporcionada por motores elétricos AC, que realizaram o disparo das bolas.

De acordo com as diferenças de rotação entre os motores serão produzidos os três tipos de bolas desejadas sendo assim: para lançamento sem rotação ou “bola flat” ambos os motores com mesma velocidade, rotação anti-horária ou “bola up spin” com diferença no motor 1 (primeiro motor de baixo para cima) e rotação horária ou “bola down spin” com diferença no motor 2.

Ainda com o objetivo de um treinamento para o atleta mais consistente foi implantado o modulo de deslocamento lateral, este através de um motor de passo associado a um sistema de correia e uma polia mecânica que permitem a rotação de todo o conjunto.

A seleção destas modalidades de bolas será efetuada através do software que possibilitará testes sobre os *status* mecânico do equipamento bem como as seleções de bolas e direção de lançamento.

Segue-se abaixo a escolha do *layout* do *software* que procura apresentar uma forma intuitiva de seleção dos modos de jogo.

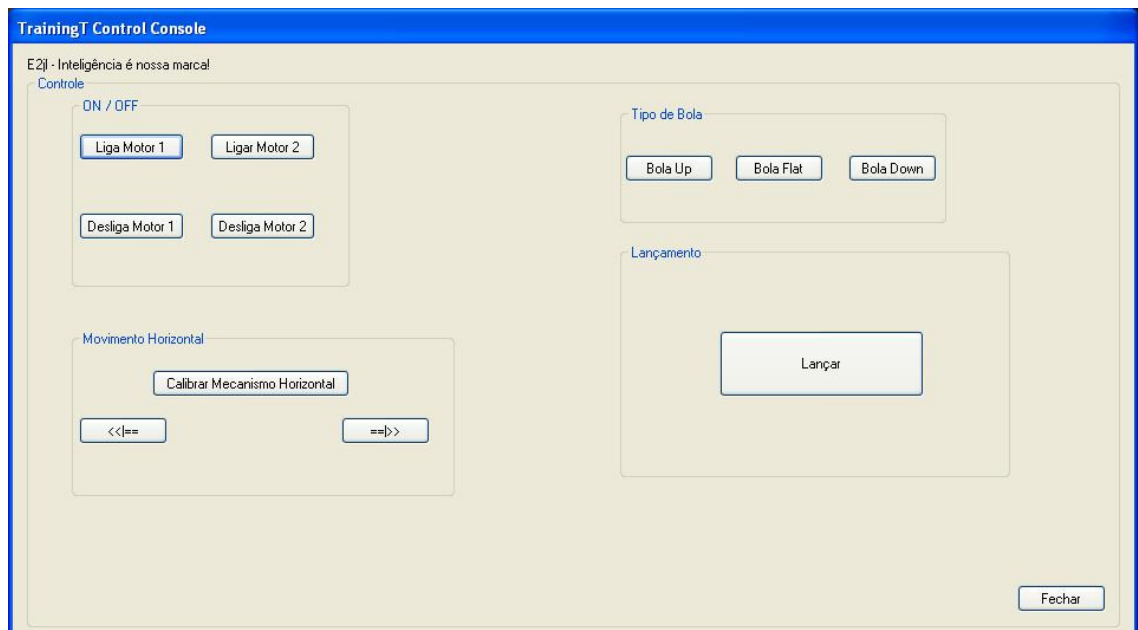


Figura 1: Layout do software

A arquitetura deste software procura seguir requisitos de engenharia de software bem como utilizar-se dos conceitos de POO para construção de um software que seja de fácil reparo em sua manutenção e atualização.

A integração entre o a interface homem máquina e o *hardware* ficou a cargo dos circuitos desenvolvidos para o controle de potência e transmissão dos dados, contudo uma de nossas preocupações estava em torno da escolha do tipo de alimentação visto que uma bateria acrescentaria um custo muito maior ao projeto, assim resolvemos utilizar Corrente Alternada com o intuito de permitir uma maior acessibilidade do projeto bem como reduzir custos.

A comunicação de dados é realizada através de uma porta serial onde um interpretador, microcontrolador, que recebe e envias as *strings* para que o *software* realize os controles necessários.

3. DESCRIÇÃO DO PROJETO

3.1 Módulo Mecânico

3.1.1 Estrutura

Para elaborarmos um protótipo que atendesse as necessidades de nosso público alvo elaboramos uma pesquisa dos vários modelos presentes no mercado e comparamos as principais marcas do segmento de acessórios esportivos.

O protótipo é composto de um conjunto de esquadilhas de alumínio que formam a sustentação dos principais componentes suas medidas são de 0.5 m de comprimento e 0.5 m de altura sendo o ângulo entre as suas bases de 45° graus permitindo assim o aproveitamento do máximo alcance de lançamento, segue-se a equação:

$$X_{\text{Max}} = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$$

Equação 1- Balística

3.1.2 Eixo de Rotação

O eixo de rotação é o componente responsável pelo lançamento das bolas, sendo afixado na estrutura descrita anteriormente, o espaço entre os dois eixos corresponde a uma abertura levemente menor que uma bola de tênis possibilitando a compressão da mesma e seu arremesso.

Cada eixo conta com 0.25 m de comprimento e ambos são construídos sobre eixo rosqueado de 3/8.

Na construção do eixo foram levados em conta as seguintes características massa, atrito, preço e facilidade de adaptação nesta ordem decrescente de prioridades, portanto os materiais selecionados seguiram este critério de avaliação.

A transmissão foi realizada através de uma polia de polímero sendo anexada ao eixo com tendo 0.005m de largura para a correia proveniente do motor transfira a rotação necessária para estabelecer o modelo foi utilizada a seguinte equação:

$$\omega_{motor} \cdot R_{motor} = \omega_{movido} \cdot R_{movido}$$

Equação 2 - Equação da Transmissão de Rotação

Assim na construção do eixo foram acopladas porcas para prover a devida sustentação do eixo bem como das demais peças metálicas.

.As principais características do eixo foram obtidas menor massa possível, baixo custo de produção bem como redução de tamanho, alta resistência ao impacto e boa aderência com a bola.

A fixação dos eixos foi executada na estrutura referida nos pontos indicados sendo os pontos vermelhos os parafusos de 0.011 m e as setas indicam a folga para os eixos dentro do protótipo, ou seja, o ponto de fuga para os eixos dentro dos mancais.

Mancais foram adicionados ao projeto com o intuito de reduzir o atrito e possibilitar o melhor aproveitamento possível da velocidade fornecida pelos motores à construção dos mancais deveu-se ao fato dos elevados preços de aquisição destes manufaturados a seguir temos as fotos dos componentes que formam o nosso protótipo.

Completando o módulo de lançamento temos ainda o motor AC que possui uma rotação de 7000 RPM, portanto acima do projetado para o desenvolvimento do projeto sendo que o valor mínimo para atender as especificações do produto era de 1700 RPM.

A escolha do motor AC deveu-se as considerações do projeto, ou seja, atender a necessidade de 1700 RPM em primeiro lugar e em segundo possuir baixo custo para citar as principais, descartou-se a utilização de servos motores devido ao custo já que nas consultas realizadas não encontrou-se equivalentes tanto em preço com em quantidade de rotações.

3.1.3 Controle lateral

O controle lateral do equipamento é efetuado através de um modulo que conta com um motor de passo bipolar e bastões auxiliares para a afixação da correia. Ainda no conjunto consta um eixo central que é fixado na estrutura e por fim para facilitar o movimento no modulo foram afixados polias na base do conjunto com o intuito de diminuir a força necessária para o movimento.

O principal desafio desta etapa era diminuir ao máximo o atrito para que o movimento pudesse ocorrer dentro dos padrões desejados, porém é de ciência do grupo que o sistema pode e deve ser melhorado.

Na seleção do motor para executar o movimento lateral foram estudados duas possibilidades a primeira era executar o controle deste movimento com um terceiro motor AC, devido também ao torque proporcionado por este modelo, contudo devido a natureza do motor isso tornou-se inviável tecnicamente o controle deste tipo de motor.

A segunda opção era um motor de passo o qual precisa ter força suficiente para mover o conjunto com um preço igualmente aceitável deste ponto encontramos o motor bipolar com as características necessárias ao nosso caso.

3.1.4 Alimentador de Bolas

O conjunto do alimentador de bolas é composto por um cano, dois suportes, um solenóide e quatro sensores os dois últimos mecânica e eletronicamente responsáveis pelo controle das bolas.

O suporte do alimentador em sua parte estrutural mecânica apresenta um tubo para condução das bolas, o principal desafio foi estabelecer a angulação do tudo para que a gravidade proporciona-se a força necessária ao deslocamento das bolas a escolha pelo tubo em PVC e não um tubo flexível é devido ao impacto que este deve suportar.

O suporte do tubo tem duas funções a primeira estabelecer um ponto onde possamos regular a altura do tubo e em segundo plano agüentar impactos proporcionados e intencionalmente desejados em nosso dispositivo.

Este material foi selecionado devido a sua facilidade de manuseio possibilitando a construção de um modelo onde poderiam ser facilmente alterados em caso de necessidade.

Completando o modulo estrutural do alimentador tem-se o cano de condução de bolas que deve atender a duas necessidades: suportar a pressão exercida pela compressão da bola e a condução da bola na primeira foto será demonstramos o primeiro item referido.

Completando este quesito de nosso projeto temos o solenóide que permite o controle de bolas através da presença de quatro (04) sensores que executam duas funções fundamentais um verificar a presença de bolas antes do solenóide.

O segundo grupo de sensores detecta a passagem da bola permitindo a desativação do solenóide, este foi um requisito fundamental, pois o primeiro solenóide esquentava ao manter-se constantemente ativado, assim foi necessário a aquisição de um segundo este permanece alto quando desativado e se retrata quando ativo.

A conexão destes conjuntos finaliza todos os requisitos necessários para o disparo de bolas de ténis dentro dos parâmetros estabelecidos no projeto.

3.2 Módulos Eletrônico

Os circuitos eletrônicos foram divididos em 3 partes:

- 1) Circuito de Controle de Motor de Passo, Solenóide e Fonte;
- 2) Circuito de Controle de Motor AC;
- 3) Circuito de Lógica (Microcontrolador) e sensores de Bola/Final de Curso;

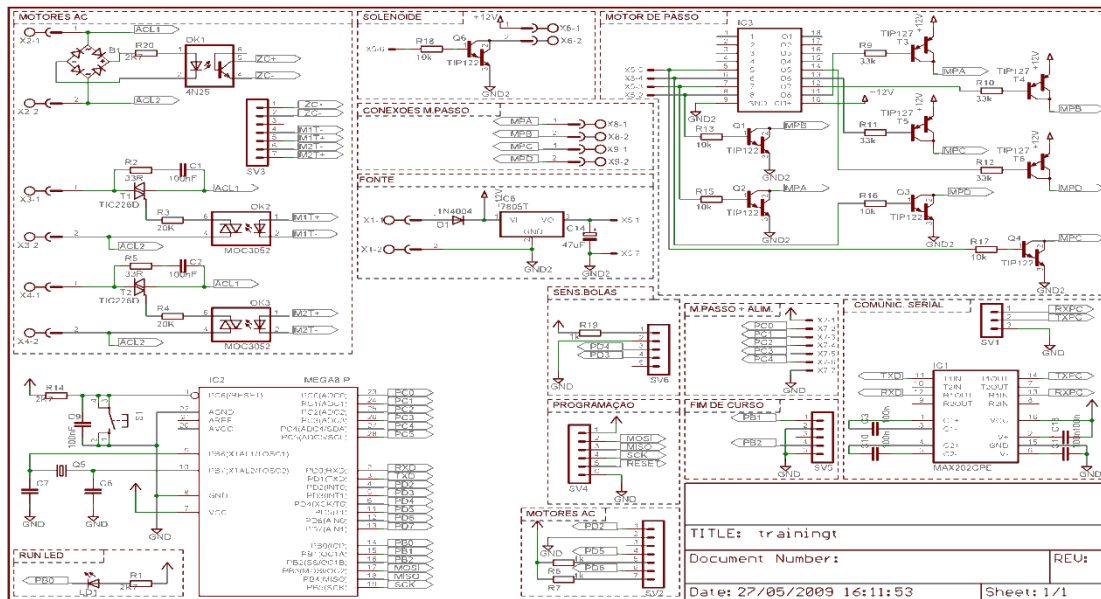


Figura 2: Diagrama Esquemático do Circuito

3.2.1 Circuito de Controle de Motor de Passo, Solenóide e Fonte

O primeiro circuito é responsável pelo controle do motor de passo. O motor selecionado foi um motor de passo bipolar. Os motores de passo bipolares são conhecidos pela sua excelente relação tamanho/torque.

Os motores bipolares são constituídos por enrolamentos (bobinas) separados que devem ser atuadas em ambas as direções para permitir o avanço de um passo, ou seja, a polaridade deve ser invertida durante o funcionamento do motor.

O padrão de atuação do controle pode ser visto na Tabela abaixo. Como o motor possui 2 pares de enrolamento, 1A e 1B formam um dos enrolamentos, enquanto 2A e 2B formam o segundo enrolamento. A ordem de atuação é indicada de 1 a 8. Caso queira-se mover o motor no sentido contrário, basta inverter a seqüência.

	1A	2A	1B	2B
1	+	-	-	-
2	-	+	-	-
3	-	-	+	-
4	-	-	-	+
5	+	-	-	-
6	-	+	-	-
7	-	-	+	-
8				

Para poder atuar os enrolamentos de acordo com a tabela acima, foram utilizadas 2 Ponte-H, sendo uma para cada par de enrolamentos. No total foram utilizados 4 transistores NPN modelo TIP122 e 4 transistores PNP modelo TIP127. Para atuar esses transistores foram utilizadas 4 saídas do microcontrolador, de modo que apenas um par de transistores fosse atuado por vez. Abaixo está a foto do circuito montado.

Além de controlar o motor de passo, o circuito acima controla também a solenóide. Através da utilização de um transistor NPN modelo TIP122, a alimentação negativa da solenóide é controlada.

Juntamente a esse circuito, um regulador de tensão LM7805 faz a regulação da tensão de entrada (cujo valor é de 14 volts) e reduz a mesma para 5 volts, para alimentar o circuito de lógica (microcontrolador).

3.2.2 Circuito de Controle de Motor AC

O próximo circuito é responsável pelo controle dos dois motores AC que efetuam o lançamento das bolas. Por terem sido utilizados motores de corrente alternada, é necessário utilizar do "Controle de Fase" para variar a velocidade/potência de funcionamento dos mesmos.

O Controle de fase consiste em controlar o início da condução de um triac (que funciona como uma chave eletrônica). Aplicando um pulso em um ponto pré-determinado do ciclo de corrente alternada, é possível controlar a porcentagem do ciclo que estará alimentando a carga (nesse caso, os motores).

Para obter um sincronismo entre o disparo do início da condução de um triac e o ângulo do ciclo de corrente alternada, foi implementado um circuito de "Zero-Cross". O circuito de Zero-Cross envia um sinal ao microcontrolador quando a tensão da alimentação AC está em 0 Volts. Tendo-se o exato momento que isso ocorre, através de um contador, é possível calcular qual o ângulo de condução da rede elétrica.

3.2.3 Circuito de Controle de Lógica e Sensoriamento

O ultimo circuito é responsável por toda a lógica do sistema. Nele são feitos o monitoramento e o controle de todos os componentes do sistema (Motores AC, Motor de Passo, Solenóide, Sensores de fim de curso, Comunicação Serial).

Para fazer o sensoriamento do duto do alimentador de bolas, foram utilizadas barreiras ópticas. Estas barreiras possuem emissores e receptores de luz infravermelha. Quando um objeto é posicionado, de forma que o feixe luminoso seja interrompido entre o emissor e o receptor, um sinal é enviado ao microcontrolador.

Já o sensoriamento do movimento lateral é realizado através de 2 fins de curso que funcionam como chaves, que ao serem acionadas, enviam um sinal ao microcontrolador.

Utilizando um microcontrolador modelo ATMEGA8, podem-se realizar as funções acima citadas. Dentre as principais características desse microcontrolador, estão:

- 8K Bytes de memória flash de programa;
- 512 Bytes de memória EEPROM;
- 1K Byte de memória SRAM;
- 2 Contadores de 8-bit;
- 1 Contador de 16-bit;
- 1 Porta serial Assíncrona;
- 23 Pinos de Entrada/Saída;

Para programar a lógica do microcontrolador foi utilizado o software AVRStudio (que é fornecido gratuitamente pela ATMEL que é a fabricante do ATMEGA8). Utilizando-se de linguagem C, as lógicas do sistema foram desenvolvidas, compiladas e então gravadas no microcontrolador.

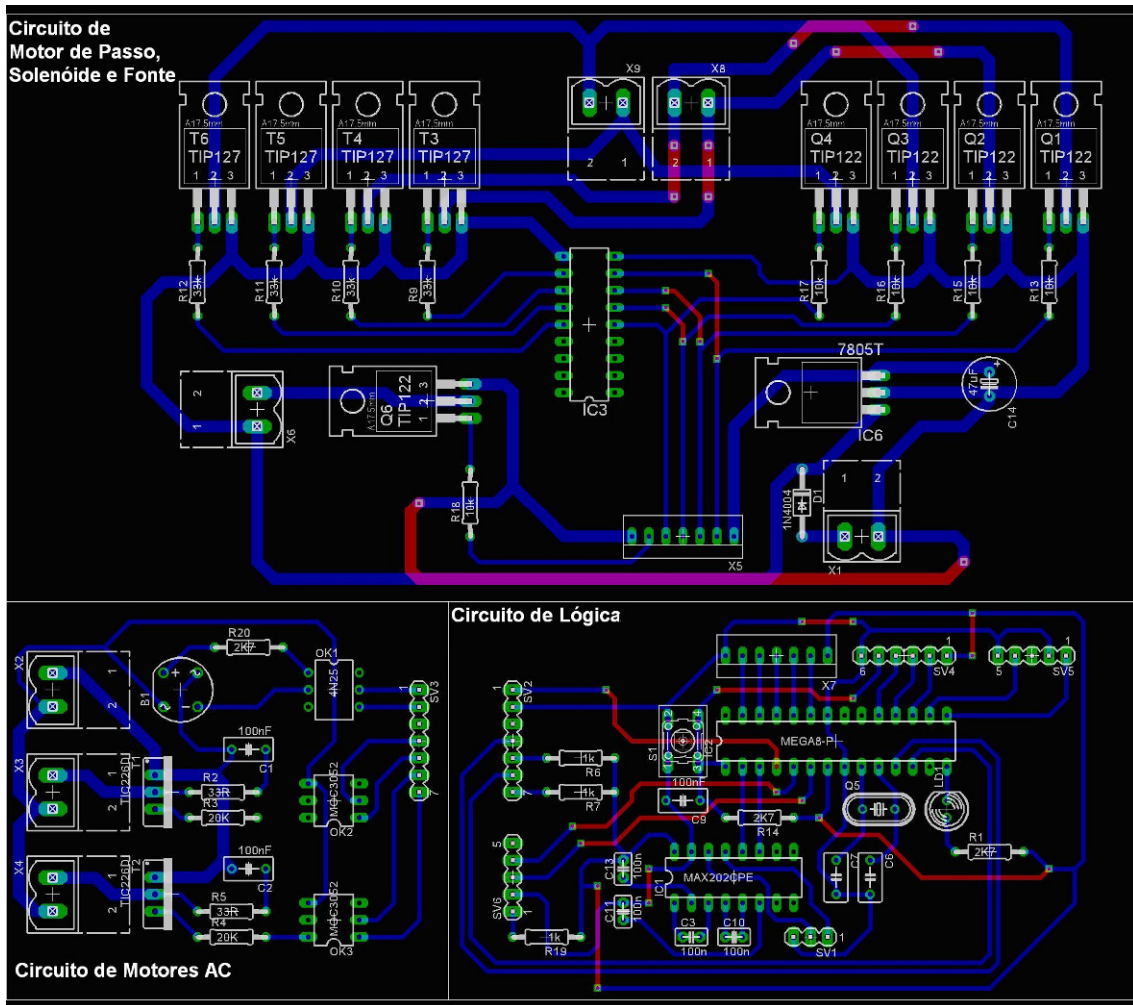


Figura 3: Diagrama do Circuito Impresso

A seguir, estão as definições das principais rotinas implementadas no microcontrolador.

Rotinas de Timer

```
void init_timer( void );  
  
SIGNAL ( SIG_OVERFLOW0 );  
  
bool get_tim0flg ( void );  
  
void set_tim0flg ( bool value );  
  
void set_tim0cnt ( unsigned int value );  
  
void reset_flgProtTimeOut ( void );  
  
bool get_flgProtTimeOut ( void );  
  
void set_timSolenoid ( unsigned int value );
```

Rotinas de Comunicação Serial

```
void init_ser( unsigned char baudrate, unsigned char parity );  
  
bool ser_recv_avail( void );  
  
unsigned char ser_read_byte( void );  
  
void ser_write_byte( unsigned char value );
```

Rotinas do Protocolo de Comunicação

```
void protocol_state_machine( unsigned char value, unsigned char reset );  
  
void protocol_process_data( unsigned char command, unsigned char bytecount,  
unsigned char *buffer );  
  
void pM1ControlRx(unsigned char bytecount, unsigned char *buffer);  
  
void pM2ControlRx(unsigned char bytecount, unsigned char *buffer);  
  
void pSolControlRx(unsigned char bytecount, unsigned char *buffer);  
  
void pAutoTuningRx(void);
```

```
void pRotateHorRx(unsigned char bytecount, unsigned char *buffer);  
void pRotateAHorRx(unsigned char bytecount, unsigned char *buffer);
```

Rotinas do Motor de Passo

```
void init_stepMotor( void );  
void rotate_hor ( unsigned int numberOfSteps );  
void rotate_ahor ( unsigned int numberOfSteps );  
bool check_stepMotor ( void );  
unsigned int autoTunning_stepMotor ( void );
```

Rotinas do Alimentador de Bola

```
void liberaBola ( void );
```

Rotinas dos Motores AC

```
void init_timer2( void );  
SIGNAL ( SIG_OVERFLOW2 );  
void reset_degree ( void );  
unsigned char get_degree ( void );  
void set_degreeTrigger1 ( unsigned char deg );  
void set_degreeTrigger2 ( unsigned char deg );
```

Rotinas de Zero Crossing

```
void init_zero_cross (void);  
SIGNAL(SIG_INTERRUPT0);  
unsigned int get_zerocounter( void );  
void set_zerocounter( unsigned int value );
```

3.3 Módulo Software

O software do TrainingT foi desenvolvido na plataforma *Windows XP*, utilizando-se do *Microsoft Visual Studio 2008* e *Microsoft Visual Studio 2008 Express*.

O principal conceito do *software* é de que sua interface fosse intuitiva e que as ações de controle fossem claras a ponto de criar uma fácil adaptação entre o usuário e este módulo.

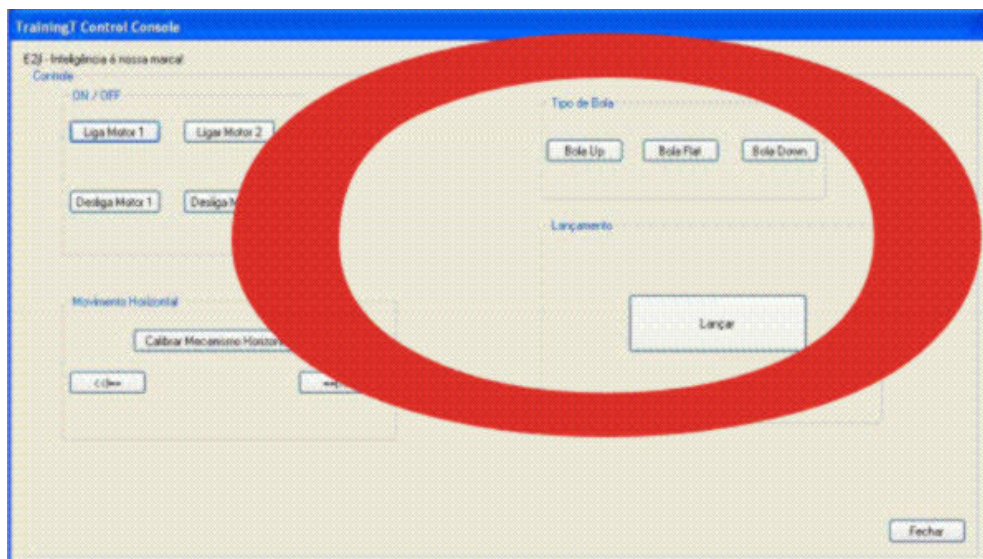


Figura 4: Seleção de Bolas

4. AGRADECIMENTOS

Nossos sinceros agradecimentos aos professores e colaboradores que enriqueceram nosso projeto com críticas e sugestões e em especial aos nossos professores Gil Marcos Jess e Afonso Miguel por permitirem um canal de diálogo aberto sempre apontando com sapiência e zelando por nosso crescimento como profissionais e principalmente como pessoas.

Nossa gratidão especial fica para nossos familiares que toleraram nossa ausência por este período e compreendeu o quão importante este projeto nos é, ao Mauro por seus apontamentos e equipamentos, a Carlos Pelegrini por seu companheirismo e sugestões, Ernani, irmão da Elis, a todos a nossa sincera gratidão.