

## LANÇAMENTO DE FOGUETE PET COM VARIAÇÃO EM ARCO: UMA PROPOSTA PARA O ESTUDO DO MOVIMENTO CURVILÍNEO

Autora: Sara Guimaraes Negreiros (1); Orientador: Glaydson Francisco Barros de Oliveira (2)

*Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA (Centro Multidisciplinar de Pau Dos Ferros). E-mail: sguimaraaes@gmail.com*

### **Resumo**

O uso de instrumentos de baixo custo em escolas públicas é bastante difundido no Brasil, mas também é comum encontrar montagens que atendem de modo superficial as práticas ou não garantem segurança para o usuário. Por interagir com o discente a prática é o método mais eficaz de expor o conteúdo teórico e captar a atenção do aluno assim como despertar questionamentos. O lançamento de foguetes de garrafa PET torna-se um dos principais métodos adotados, pois consegue proporcionar o estudo do lançamento curvilíneo de projéteis, das leis de Newton, de momento linear e de introduzir conceitos como a resistência do ar. Neste trabalho apresentamos um meio alternativo, eficaz, com materiais acessíveis e técnicas básicas para a construção de uma base de lançamento para foguete de garrafas PET. Com o acionamento eletromecânico pode-se garantir a segurança e estabilidade do lançamento na montagem. Utilizando um circuito com arduino e com a variação angular em arco garante-se que o estudo do lançamento curvilíneo não seja restrito apenas ao usual ângulo de 45°. Além disso, priorizou-se possibilitar métodos práticos para os ajustes de rotina realizados para garantir o lançamento, como a inserção de água no foguete e a variação angular ou, caso algo esteja errado, também é possível cancelar o lançamento. O uso do arduino e outros componentes eletrônicos, como transistor e resistores, é descrito com detalhes e busca proporcionar a interação do discente com a tecnologia e programação por serem meios e métodos presentes no nosso cotidiano e cada vez mais integrados nas atividades diárias.

**Palavras-chaves:** base de lançamento, foguete de garrafas PET, montagens mecânicas, arduino, variação angular em arco.

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo de lançamento de foguetes feitos de materiais de baixo custo, hoje é bastante difundido tanto na educação básica, quanto no ensino superior, todos desenvolvidos com o intuito de solucionar a problemática da ausência de materiais para laboratórios, focando na acessibilidade sem perder a eficácia fenomenológica e conceitual envolvida [1].

J.A. de Souza [2] em seu trabalho descreve a construção de um foguete utilizando garrafas descartáveis de PET de 2 litros bem como a montagem de um sistema de propulsão a base de água e ar comprimido, objetivando estimar a velocidade máxima do foguete e sua aceleração. Na perspectiva do desenvolvimento de materiais laboratoriais de baixo custo como o estudo de R.R. Cuzinato [3], propomos a construção de uma base de lançamento de um foguete de garrafas PET com acionamento eletromecânico e variação angular em arco.

## 2. METODOLOGIA

### Encanamento para compressão de ar

Para a montagem do encanamento para compressão de ar observada na Figura 1a, devem-se utilizar: seis cap, dois T's 90° com rosca na bolsa central, quatro T's 90° sem rosca, um joelho, dois registros, um adaptador com rosca. Todos os materiais devem ser de PVC de 20 mm. Entre as conexões utilizam-se pedaços de canos com tamanhos identificados na Figura 1b.

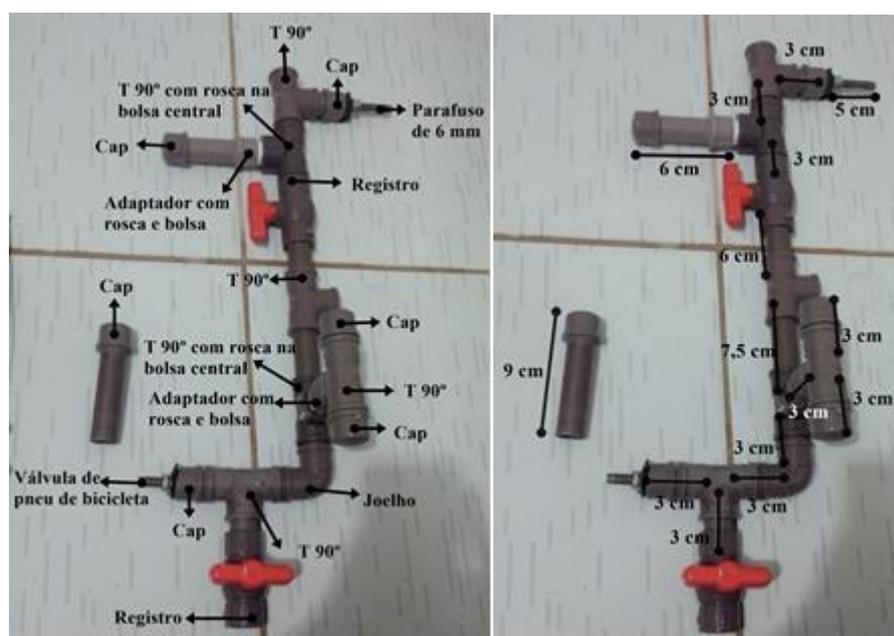


Figura 1: (a) 6 cap, 2 T's 90° com rosca na bolsa central, 4 T's 90° sem rosca, 1 joelho, 2 registros, 2 adaptadores com rosca e bolsa; (b) 13 pedaços de canos de PVC, sendo 10 de 3cm, 2 de 6cm, 1 de 7,5 cm e 1 de 9 cm.

## Lançador

A montagem da Figura 2, denominada lançador, será responsável por prender o foguete durante a inserção de ar. Inicialmente, devem-se colar duas tiras de câmara de ar de pneu no cano de PVC (Figura 2a), abaixo destas deverá haver um espaço suficiente para colá-la à uma conexão PVC. Além das tiras coloca-se uma fita adesiva dupla face para realizar a distribuição das abraçadeiras de nylon. Por fim, fixa-se as abraçadeiras de aço inox (Figura 2b).

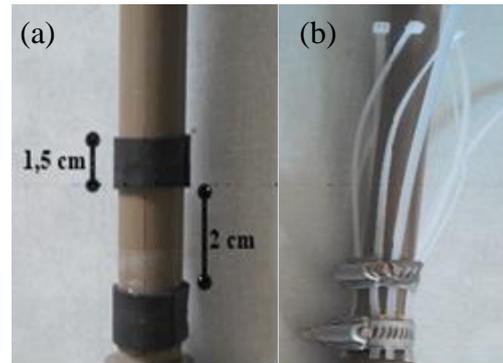


Figura 2: (a) fixação de duas tiras de câmara de ar de pneu no cano PVC; (b) fixação e distribuição das abraçadeiras de nylon com uso de fita dupla face para facilitar a fixação das abraçadeiras de aço inox.

## Estrutura do arco para variação angular

Neste modelo de base sugerimos um arco (Figura 3a-b) com raio igual a 20 cm, feito em um painel de madeira. Com uma serra copos deve ser feito um furo de 4,5 cm de diâmetro no centro de curvatura, para fixar o rolamento, enquanto que a abertura do arco deve ter 8 mm de espessura, suficiente para a livre passagem do parafuso de 6 mm indicado na Figura 1. A base de apoio (Figura 3c) deverá possuir dimensões iguais a (40cm x 25cm x 7cm) necessárias para sustentar a estrutura.

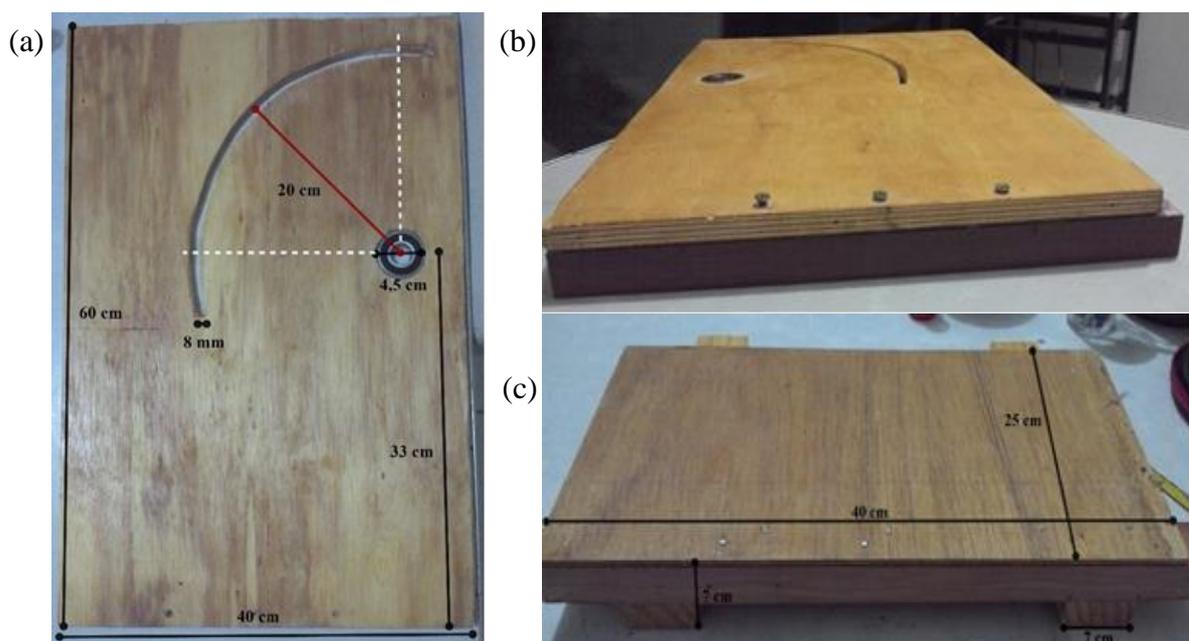


Figura 3: (a) estrutura do arco de raio igual a 20 cm e para a fixação do rolamento de 4,5 cm localizado no centro de curvatura; (b) Estrutura do arco para a variação da inclinação de lançamento do foguete visto de perspectiva diferente; (c) base de apoio para todo o sistema de lançamento.

### **Junção da estrutura com o arco e o encanamento**

Para fixar o encanamento na estrutura do arco para a variação angular basta inserir o cano com o cap (da Figura 1a) pelo rolamento e colar o cano com a bolsa central do T de 90° conforme apresentado nas Figuras 4 a-b. Caso o cano não passe com facilidade pelo rolamento é preciso esquentá-lo com cautela. Note na Figura 4 b que um pedaço de cano PVC impede que o cano fique frouxo. Antes dessa colagem acrescenta arruelas no parafuso que irá percorrer o arco (Figura 4 c) ajustando de modo a impedir qualquer movimento indesejável além do plano que contém o arco. Ainda nesta etapa, lembre-se de inserir veda rosca na região da cabeça das abraçadeiras de nylon com o intuito de permitir que o bocal da garrafa PET seja encaixado de modo firme (Figura 4 d). Pode-se optar por primeiro passar esparadrapo e depois acrescentar o veda rosca. Na Figura 4e observa-se o lançador colado na extremidade livre do T 90° com rosca da Figura 1. Note que o encanamento possui uma leve inclinação abaixo do eixo horizontal responsável permitir que a água inserida nele vá para o foguete.

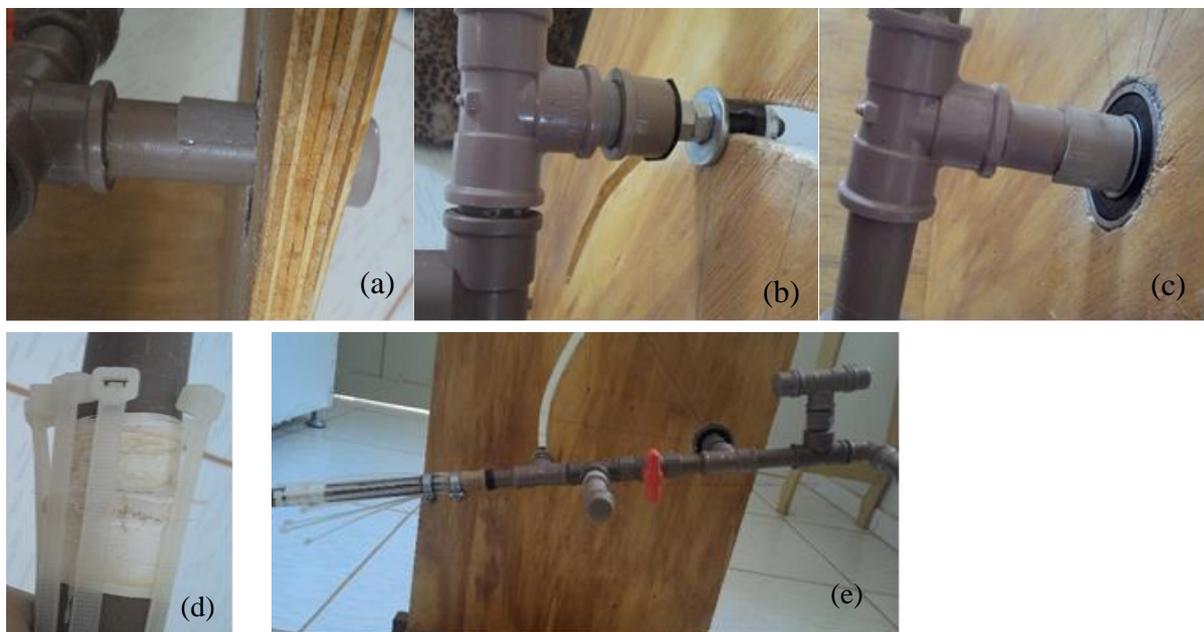


Figura 4: (a) Inserção do cano com o cap da Figura 1 pelo rolamento e colagem ao cano com a bolsa central do T de 90°; (b) Colagem de um pedaço de cano PVC a fim de impedir que a montagem fique frouxa; (c) Inserção de arruelas para auxiliar o parafuso que irá percorrer o arco; (d) Inserção de veda rosca entre as cabeças das abraçadeiras de nylon; (e) Estrutura da encanação do lançador fixada à estrutura com variação em arco, pronta para receber o foguete de PET.

### Gatilho para o lançador

Com uma luva de 4 cm de raio deve-se realizar dois com o mesmo espaçamento entre si, e liga-los com uma fita seda (Figura 5 a). Com 1 m da mesma fita, deve ser realizado um nó centralizado na fita que foi colocada na luva e alocar esta ao lançador do encanamento (Figura 5 b). Deve-se passar cola (tipo *superbonder*) para impedir que eles desatem.

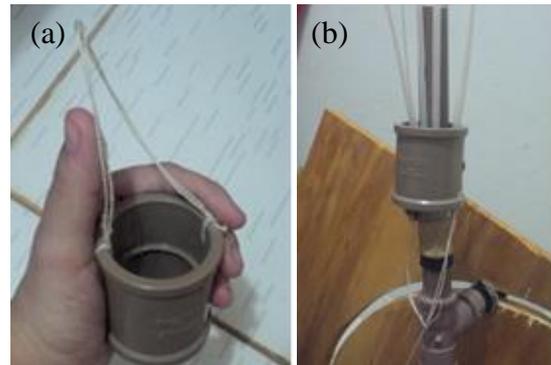


Figura 5: (a) Ligação dos furos pela fita seda; (b) Fixação de um metro de fita e alocação no lançador.

### Acionamento do foguete: circuito e código

Dentre as peças utilizadas para a montagem do circuito temos o transistor *NP tip 31* com três terminais: a Base, o Coletor e o Emissor, da esquerda para a direita na ilustração da Fig 6 a. No circuito tem-se até 5 V entrando na Base por meio do pino digital 2. O Coletor está conectado a um terminal no motor. O Emissor está conectado ao terra. No entanto, sempre que for aplicada uma voltagem na Base por meio do pino digital 2, o transistor liga, permitindo que a corrente flua por ele, entre o Emissor e o Coletor e, assim, alimentando o motor.

Entre o terminal que faz ligação com o arduino alocamos um resistor de  $2,2k\Omega$  e um diodo. O diodo baseia-se em permitir que a corrente siga apenas um caminho, seguindo apenas pela extremidade que não contém a faixa branca. Além disso, temos um led vermelho e um led verde cuja função é transmitir uma mensagem visual, explicada no código da Figura 7, ao usuário quanto ao acionamento. Ambos os ledes possuem um resistor de  $300\Omega$  nos seus terminais positivos (pernas maiores), enquanto que os botões estilo *pushbutton* estão com resistores de  $10k\Omega$ .

Na Figura 6 a temos uma fonte para o motor equivalente a 12 V. Os dois fios na cor laranja foram unidos aos jumpers que estão na protoboard e serão direcionados para a caixa com o motor na base de lançamento. Além das peças utilizadas na Figura 6 a, utilizamos uma bateria de 9 V com um cabo plug P4 para alimentação do arduino. Como os fios na protoboard foram concentrados em uma das extremidades, não comprometemos a visualização dos ledes e o uso dos botões.

Com o intuito de proteger o nosso circuito optamos por inseri-lo em um cano *PVC 100 mm* com 25 cm de comprimento e um cap em cada extremidade. No cap inferior realizamos

uma abertura para permitir que os fios laranjas do circuito da Figura 6a fossem direcionados um para o motor e o outro para a bateria (Figura 6 b). Estes ficam localizados em uma caixa na base de lançamento conforme a Figura 6c.

Já no cap superior realizamos furos para permitir a alocação dos ledes e dos botões (Figura 6 d). Observe o interruptor simples que também está alocado no cap. Nele temos um terminal conectado ao cabo plug P4 e outro na bateria de 9V. Desse modo, determinamos quando o arduino deve estar ligado. Por fim, soldamos um terminal do jumper ao terminal do botão, por exemplo, e ligamos o outro à protoboard. O botão foi colado na superfície do cano PVC com cola *araldite*.

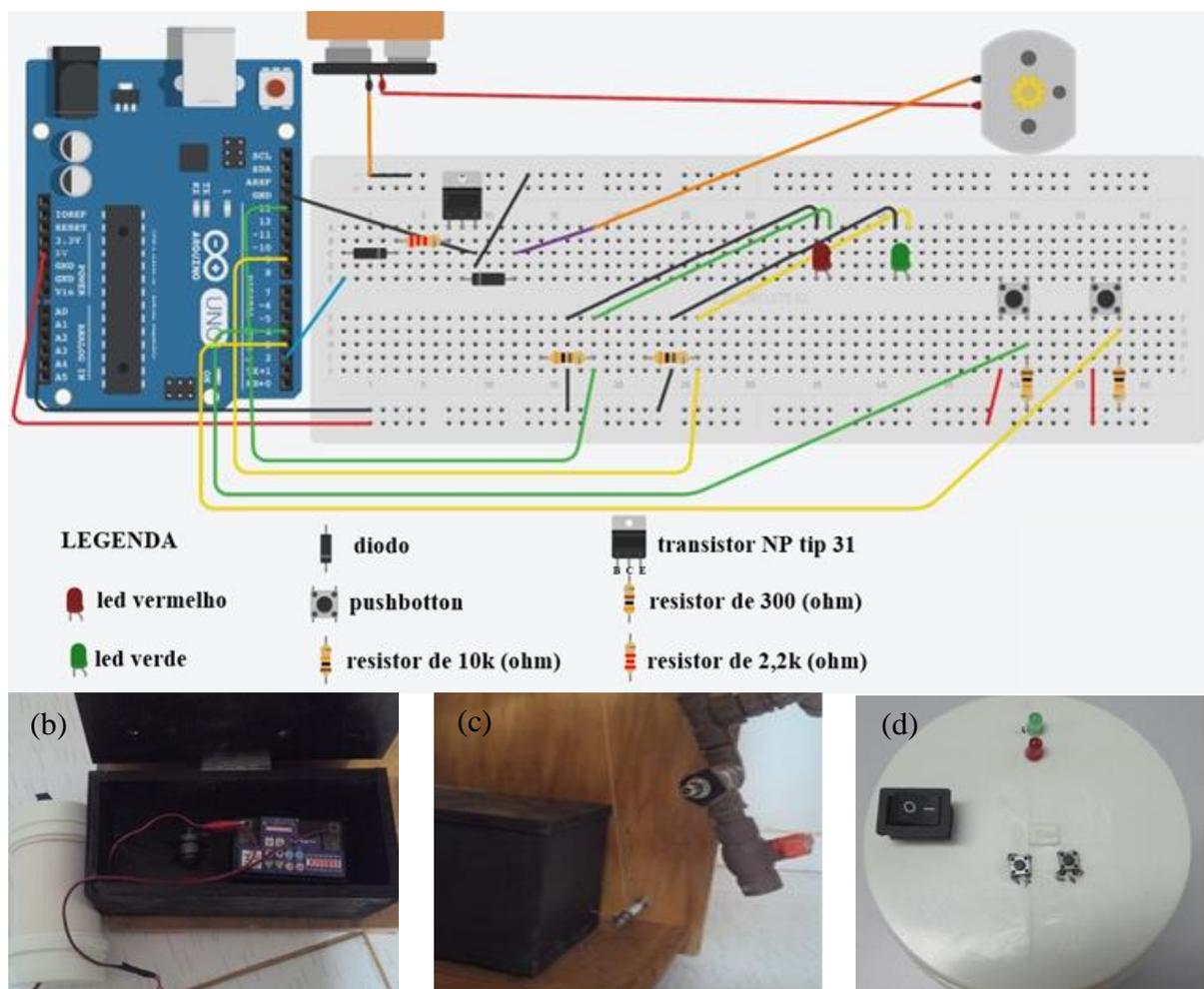


Figura 6: (a) placa protoboard e arduino; (b) Direcionamento dos fios para a base de lançamento e ligação dos terminais da bateria de 12 V e motor; (c) Localização da caixa com o motor na base de lançamento; (d) Cap superior do PVC de 100 mm de diâmetro e 25 cm de comprimento.

Após finalizarmos o circuito, realizamos na IDE (do inglês Integrated Development Environment ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado) para arduino, isto é, o ambiente que desenvolve um código que corresponde à linguagem que o arduino consegue interpretar e

realizar comandos. Na Figura 7 apresentamos o código para esse estudo com linhas de comentários. Em suma, o motor irá trabalhar apenas durante 0,2 s depois de acionado. Esse tempo é necessário para liberar o foguete, deve ser testado antes, e evitar qualquer dano.

```
const int ledvermelho = 13; //led vermelho conectado ao terminal 13 do arduino
const int ledverde = 9; //led verde conectado ao terminal 9 do arduino
const int acionar = 4; //botão 1 conectado ao terminal 4 do arduino
const int motor = 2; //base do transistor (motor) conectado ao terminal 2 do arduino
const int cancelaracionamento = 3; //botão 2 conectado ao terminal 3 do arduino

void setup() //{Definição se os terminais recebem o sinal (input) ou transmitem um (output)
pinMode (acionar, INPUT);
pinMode (motor, OUTPUT);
pinMode (ledvermelho, OUTPUT);
pinMode (ledverde, OUTPUT);
pinMode (cancelaracionamento, INPUT);
}

void loop() {
  if(digitalRead(acionar)== HIGH){//Se o botão 1 for pressionado
    digitalWrite(ledvermelho, HIGH);
    delay(5000);//led vermelho aceso por 5s
    digitalWrite(ledverde, HIGH);
    delay(2000);//led verde aceso por 2s
    if (digitalRead(cancelaracionamento)== HIGH){//se o botão 2 estiver pressionado
      digitalWrite(ledvermelho, LOW);//apaga led vermelho
      digitalWrite(ledverde, LOW);} //apaga led verde
    else{//caso contrário
      digitalWrite(ledvermelho, LOW);//led vermelho desligado
      digitalWrite(motor, HIGH);
      delay(200);// motor trabalha por 0,2s

      digitalWrite(motor, LOW);//motor desligado
      digitalWrite(ledverde, LOW);} //led verde desligado
  }
}
```

Figura 7: Código para o circuito com a placa arduino.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### **Encanamento para compressão de ar, Lançador e Gatilho**

A utilização do sistema de encanamento neste trabalho possui configurações (Figura 8) que justificam o seu modelo, sendo elas:

I - Caso queira cancelar o lançamento basta abrir esse registro e, com o outro também aberto, o ar será liberado;

II - O ar será inserido através desta válvula de pneu de bicicleta e, caso não haja nenhum vazamento nas conexões, este será conduzido até o foguete por compressão;

III – Serve como tampa rosqueada, responsável por permitir a inserção de água no sistema;

IV - Após inserir o ar necessário no encanamento é necessário fechar esse registro, pois ele impedirá que o ar saia pela

válvula de pneu de bicicleta;

V - Destinado para o encaixe do manômetro, este desse ser fixo no cap que se encontra nessa conexão;

VI - Este parafuso será um dos agentes responsáveis pela variação angular do lançamento do foguete;

VII – Essa distância, que vai da bolsa central do T de 90° ao centro do parafuso, é equivalente a 20 cm e define o raio do arco que aparecerá na variação angular.

VIII – Local que receberá o lançador do foguete PET;

IX – Será utilizada como fixador do sistema de encanamento para a compressão do ar à estrutura de variação angular.

Em suma, a utilização de materiais de PVC, pois possibilita que o usuário utilize artifícios como a inserção de água no foguete, a utilização de uma válvula de segurança, a checagem da pressão manométrica e um método eficaz para segurar o foguete, pois há uma grande diversidade de conexões no mercado tanto de baixo custo como com boa durabilidade para o projeto. Desse modo, a construção de base de lançamento se torna mais acessível.

### **Estrutura do arco para variação angular**

A variação angular de uma base de lançamento é fundamental para o estudo do lançamento de projéteis, especialmente quando o quesito é obter alcance máximo. A utilização de um compensado foi priorizada visando o baixo custo do material assim como a facilidade de moldar o material com as ferramentas descritas na seção 2. *METODOLOGIA*.

No ensino de física é comum que as situações sejam simplificadas para apenas um fator comum, como o lançamento com 45°, porém, além de possibilitar a comprovação de que este ângulo implica no alcance horizontal máximo, a utilização de equipamentos de laboratório tornam possível que o estudante analise as outras situações de modo a desenvolver o seu pensamento crítico, ou seja, “é utilizando esse tipo de atividade que o aluno pode elaborar hipóteses, discutir com os colegas e com o professor e testar para comprovar ou não a



Figura 8: Especificação dos itens enumerados de I a IX.

idéia que teve” (ZIMMERMANN, 2005, p. 25).

### **Acionamento do foguete: circuito e código**

O arduino consiste em um dispositivo de entrada/saída e opensource. Sua linguagem de programação é similar a C/C++ e pode ser realizada via IDE, como citado anteriormente. Sua utilização é realizada com o auxílio de outros equipamentos eletrônicos sendo estes sensores, resistores, motores, diodos, entre outros. Após a montagem correta do circuito, basta transferir o código para o arduino com um cabo USB.

Atualmente o uso desse equipamento é bastante difundido para amadores e projetos de automação básica. A implementação desses equipamentos no projeto se justifica, principalmente, em incentivar que a educação possa progredir juntamente com o contemporâneo avanço tecnológico que está obtendo progresso constantemente. Cavalcante et al (2014, p. 1692) ainda ressalta que

Por meio da tecnologia é possível estimular o discente a querer aprender de forma mais eficiente. A placa Arduino, por sua vez, possibilita diversas maneiras de ensino pedagógico, não somente na área de informática, mas também nas áreas de matemática, música, elétrico-eletrônica, robótica (automação) e para as Universidades pode-se citar as áreas de Computação, Engenharia e outras.

## **4. CONCLUSÃO**

Após finalizarmos a base e realizarmos alguns lançamentos, concluímos que ela possui desenvoltura e estabilidade para o lançamento além de atender com êxito às necessidades exigidas. O foguete pode ser lançado em qualquer ângulo entre  $0^\circ$  e  $90^\circ$ , que podem ser obtidos através das medidas do raio e do comprimento do arco varrido pelo sistema do lançador, sendo este um fator crucial para o estudo do movimento curvilíneo.

O acionamento remoto do lançamento eliminou a instabilidade gerada pelo acionamento mecânico que comumente é feito por alguma pessoa. No acionamento mecânico pode ocorrer da base ser movimentada na tentativa de puxar o gatilho, porém, este é um dos problemas eliminados pelo acionamento remoto. Além disso, este novo método oferece maior segurança ao usuário visto que sua interação é unicamente com o gatilho no momento do lançamento. Desta forma, a base de lançamento proposta pode ser utilizada como ferramenta metodológica para o estudo de movimento curvilíneo.

O presente trabalho consegue englobar diversas áreas como mecânica, programação e

eletrônica. Desse modo, fornece-se uma visão mais ampla e necessária acerca da integração entre áreas distintas visto que o mercado de trabalho está cada vez mais restrito, em busca de inovação e praticidade. Quanto ao meio acadêmico, a integração de áreas distintas é indispensável para a obtenção de resultados ou comprovação de teorias sem que seja necessário o desenvolvimento de projetos com grandes complicações ou apenas superficiais.

## 5. REFERÊNCIAS

- [1] Cavalcante, M.M; Silva, J. L. S.; Cabral, E. V.; Dantas, J. R. A. *Plataforma Arduino para fins didáticos: Estudo de caso com recolhimento de dados a partir do PLXDAQ*. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, 2014, Brasília. Anais. Brasília: Sociedade Brasileira de Computação, p.1655-1664.
- [2] E.I. Santos, L.P.C. Piassi e N.C. Ferreira, in *Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física*, Jaboticatubas-MG (2004).
- [3] J. A. de Souza, *Física na Escola*, 8 (2), (2007).
- [4] Mc Roberts, Michel. *Arduino básico*. São Paulo: Novatec Editora, 2011. 453 páginas.
- [5] R.R. Cuzinatto et al, *Física na Escola*, 15 (1), (2017).
- [6] ZIMMERMANN, Licia. *A importância dos laboratórios de Ciências para alunos da terceira série do Ensino fundamental*. 2005. 141 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.