

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.

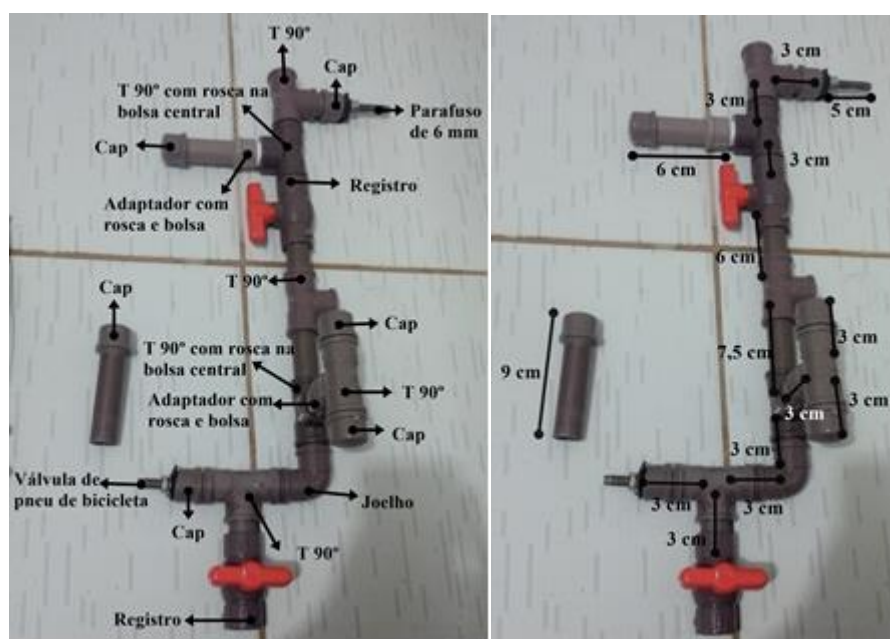


Figura 1: (a) 6 cap, 2 T's 90° com rosca na bolsa central, 4 T's 90° sem rosca, 1 joelho, 2 registros, 2 adaptadores com rosca e bolsa; (b) 13 pedaços de canos de PVC, sendo 10 de 3cm, 2 de 6cm, 1 de 7,5 cm e 1 de 9 cm.

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).

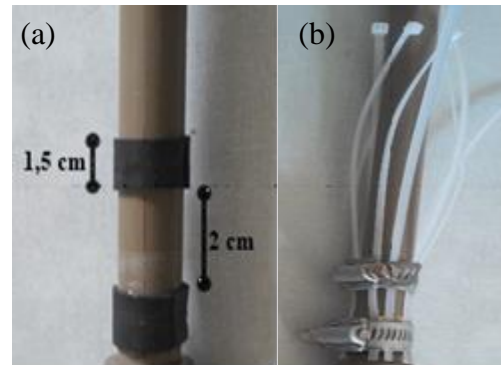


Figura 2: (a) fixação de duas tiras de câmara de ar de pneu no cano PVC; (b) fixação e distribuição das abraçadeiras de nylon com uso de fita dupla face para facilitar a fixação das abraçadeiras de aço inox.

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.

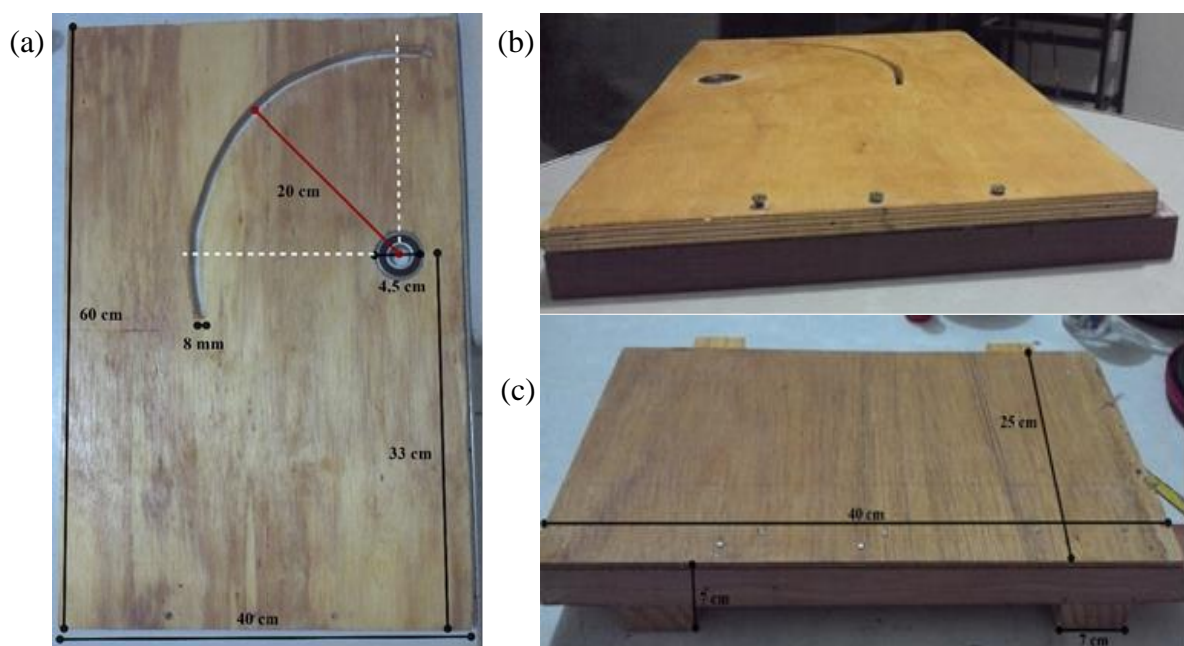


Figura 3: (a) estrutura do arco de raio igual a 20 cm e para a fixação do rolamento de 4,5 cm localizado no centro de curvatura; (b) Estrutura do arco para a variação da inclinação de lançamento do foguete visto de perspectiva diferente; (c) base de apoio para todo o sistema de lançamento.

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.

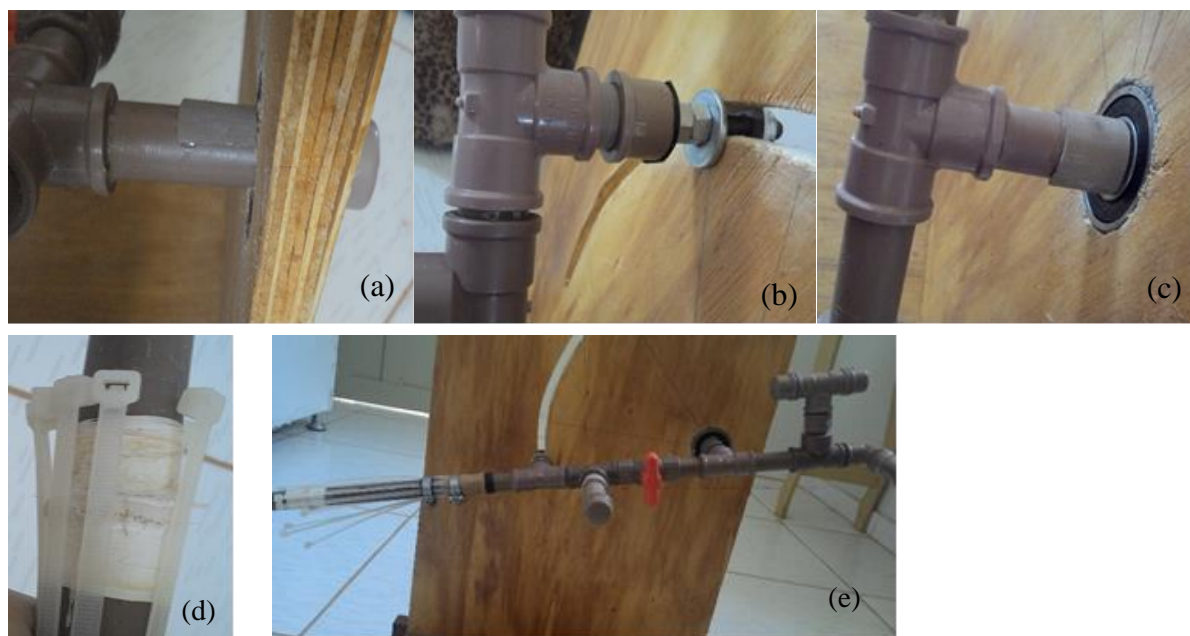


Figura 4: (a) Inserção do cano com o cap da Figura 1 pelo rolamento e colagem ao cano com a bolsa central do T de 90°; (b) Colagem de um pedaço de cano PVC a fim de impedir que a montagem fique frouxa; (c) Inserção de arruelas para auxiliar o parafuso que irá percorrer o arco; (d) Inserção de veda rosca 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.

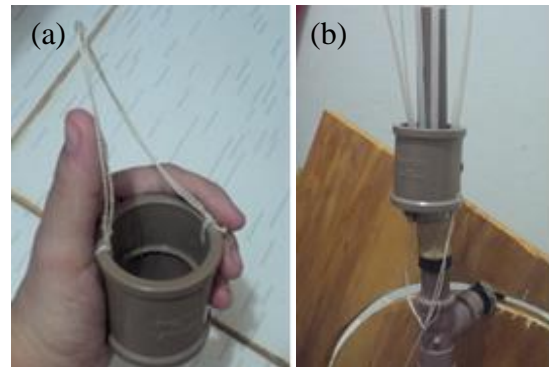


Figura 5: (a) Ligação dos furos pela fita seda; (b) Fixação de um metro de fita e alocação no lançador.

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 300Ω 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*.

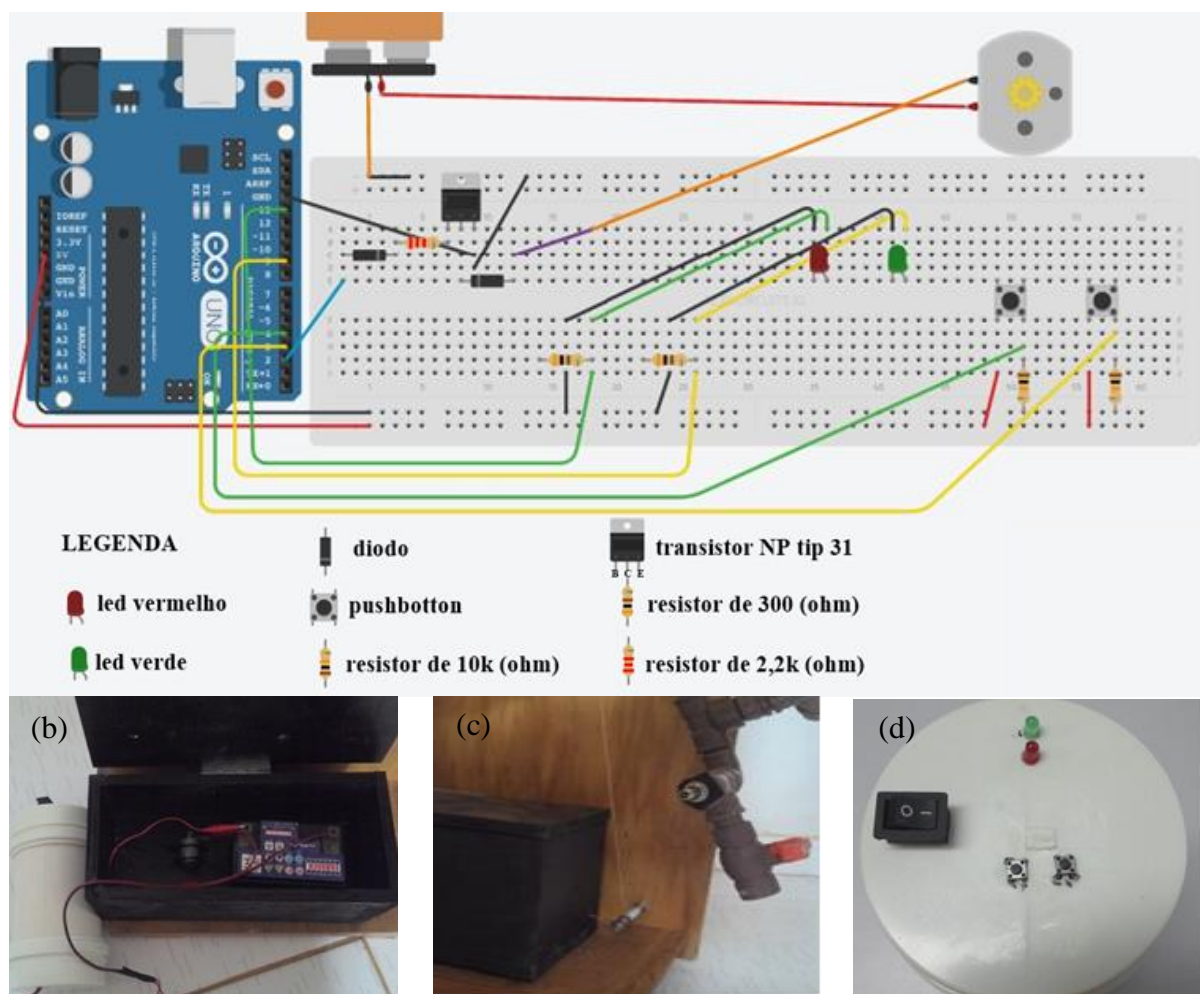


Figura 6: (a) placa protoboard e arduino; (b) Direcionamento dos fios para a base de lançamento e ligação dos terminais da bateria de 12 V e motor; (c) Localização da caixa com o motor na base de lançamento; (d) Cap superior do PVC de 100 mm de diâmetro e 25 cm de comprimento.

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° e 90° , 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.