

# ANÁLISE DINÂMICA DE UM PROJÉTEL LANÇADO POR UMA ATIRADEIRA DE AR COMPRIMIDO

**Flávio Nunes Pereira**, flaviomecn@yahoo.com  
UEMA

**Jhonatan Peres de Sousa**, jhonatan\_ps.eng@live.com  
UEMA.

**José Carlos Silva Rocha Junior**, engjunior.josecarlos@hotmail.com  
UEMA.

**Daniel de Matos Luna dos Santos**, dantmec@gmail.com  
UEMA.

**João Carlos Ferreira**, ferreira.c.joao@hotmail.com  
UEMA.

**Renato Valdeilson Machado Ribeiro**, renato\_valdeilson@hotmail.com  
UEMA.

UEMA, Universidade Estadual do Maranhão, Curso de Engenharia Mecânica. Av. Lourenço Vieira da Silva, s/n, Tirirical, CEP 65.055-310, São Luís – MA.

**RESUMO:** Este trabalho analisa o comportamento dinâmico de um projétil lançado por uma atiradeira de ar comprimido considerando a pressão de 10bar como constante e o ângulo de inclinação da atiradeira como parâmetro variável. A seleção dos materiais, a fabricação da atiradeira juntamente com os testes aconteceu no Núcleo Tecnológico de Engenharia – NUTENGE da própria universidade e possibilitou uma experiência na utilização do programa Sketchup 8.0. Os resultados obtidos durante os testes foram comparados com os valores teóricos e revelam concordância com as descrições da literatura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Projétil, atiradeira de ar comprimido, análise dinâmica

**ABSTRACT:** This paper analyzes the dynamic behavior of a projectile launched by a slingshot compressed air considering the pressure of 10bar as constant and the angle of the sling as a variable parameter. The selection of materials, the manufacture of sling along with the tests happened in the Technology Engineering Center - NUTENGE the university itself and enabled an experience using SketchUp 8.0 program. The results obtained during the tests were compared to theoretical values and descriptions indicate agreement with the literature.

**KEYWORDS:** Projectile sling compressed air, dynamic analysis

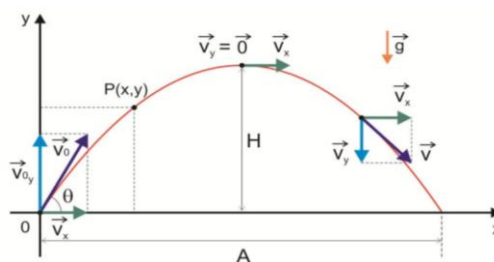
## INTRODUÇÃO

De acordo com Halliday, (2003) – *Fundamentos de Física*, quando um projétil é lançado ao ar livre, podemos observar que seu deslocamento descreve um movimento parabólico. Esse movimento é chamado de lançamento oblíquo. Podemos representar este lançamento a partir do gráfico da Figura 1.

Considerando um projétil sendo lançado a partir do solo, formando um ângulo  $\theta$  com a horizontal, com velocidade inicial  $V_0$  e desprezando as forças dissipativas, o corpo fica sujeito apenas à ação da gravidade, descrevendo assim uma trajetória parabólica.

O lançamento oblíquo é um movimento bidimensional distinguido por uma posição de lançamento ( $X_0$ ,  $Y_0$ ), um ângulo de arremesso  $\theta$  com a horizontal e uma velocidade de lançamento  $V_0$ . A trajetória é parabólica

e o movimento no comando horizontal (direção x) é retilíneo e uniforme (MRU) no movimento do comando vertical. A Fig. 1. mostra que o movimento vertical, a aceleração da gravidade terá sinal negativo e será encontrada por  $V_{oy}=V_0 \cdot \sin\theta$ . O vetor  $V_{ox}$  será encontrado através de  $V_{ox}=V_0 \cdot \cos\theta$ , como nesse caso não há resistência do ar a velocidade horizontal se manterá constante durante toda a trajetória.



**Figura 1.** Lançamento oblíquo de um projétil

De acordo com os dados que serão obtidos através dos testes, poderemos fazer uma relação entre a distância alcançada pelo projétil, bem como seu alcance máxima e o tempo de queda, nos tornando assim, capazes de tornar muito mais precisos os resultados de nossos tiros.

A ciência que se preocupa em estudar os movimentos de corpos lançados ao ar livre que geralmente está relacionado ao disparo de projéteis por uma arma de fogo chama-se Balística. Ao se estudar o projétil disparado por uma arma de fogo, pode-se separar seu movimento em três partes distintas: a balística interior, balística exterior e a balística terminal.

O objetivo principal deste trabalho é estudar o movimento de corpos disparados ao ar livre. Através dos testes feitos no mundo real, visamos o aperfeiçoamento dos dados recolhidos para posterior desenvolvimento de um programa que capaz de simular estes movimentos, sendo assim uma ferramenta de incentivo para o aprendizado da Física e Matemática dos alunos de escolas técnicas da Cidade de São Luís no Estado do Maranhão.

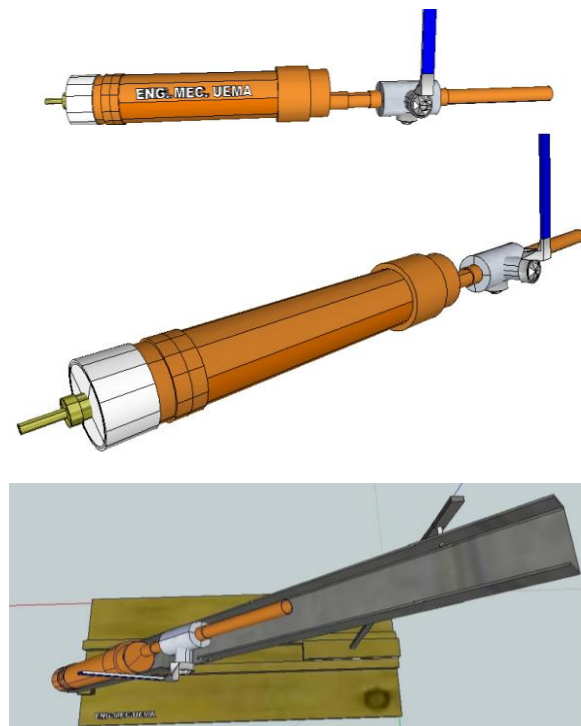
## METODOLOGIA

A metodologia aplicada será a coleta de dados a partir de teste realizados com a atiradeira de ar comprimido variando o ângulo de inclinação.

**Tabela 1.** Materiais utilizados para elaboração da atiradeira

Quant.	Materiais
1	Veda Rosca
1	Bico conector metálico macho - Mangueira (3/8")
1	Tampa com rosca
1	Luva Lisa Roscada (50 mm)
1	Tubo PVC AMANCO® - 50 mm (200 mm de comprimento)
1	Luva lisa (50 mm)
1	Redução 50/20 mm
1	Extensão de tubo PVC 20 mm (40 mm de comprimento)
2	Luva Lisa Roscável (20 x 1/2")
1	Registro de Metal (1/2")
1	Tubo PVC - 20 mm (150mm de comprimento)
1	Caíbo (650mm x 70mm x 40mm)
1	Abraçadeiras 2"
1	1 barra chata 352 mm (5mm de espessura)
1	Peca de madeira (670mm x 285mm x 25mm)
1	Dobradiça
1	Parafuso 3/8" (fixador)
1	Peça de madeira - Guia (200mm x 25mm x 40mm)
1	Bomba de Oficina com medidor de pressão.

Na Fig. 2, temos o desenho da atiradeira que foi realizado no programa Sketchup 8.0 e a montagem dos componentes descritos na Tab. 1.



**Figura 2.** Montagem dos componentes da atiradeira feita Sketchup.

Todas as conexões foram fixadas com o uso de cola POLYTUBES®, excelente para tubulações de cano PVC.

A pressão escolhida para o trabalho não oferece risco de acidente nos testes, pois foi levada em consideração a pressão máxima suportada pelo tubo pvc rígido da AMANCO®.

O projétil disparado nos testes possui 18mm de diâmetro e 45mm de comprimento e se encaixa perfeitamente no cano de saída da atiradeira. O material é plástico pesando 0,0042kg. Na Fig. 3 temos projétil ilustrado.



**Figura 3.** Projétil lançado pela atiradeira

## Procedimento experimental

Primeiramente foi fixada a bomba com medidor de pressão na atiradeira num local sem inclinação no

NUTENGE. A partir daí foram feitos os bombeamentos de maneira que a pressão de trabalho fosse atingida, 10bar. A distância alcançada foi obtida variando somente o ângulo de inclinação da atiradeira. Foram realizados 4 testes com os ângulos de 45°, 35°, 25° e 15° respectivamente.

Para cada teste era necessário bombear novamente afim de que a pressão de 10bar fosse atingida.

Vale ressaltar que o registro de metal deve ser aberto o mais rápido possível a fim de evitar a perda de ar comprimido comparado com a abertura do mesmo lentamente.

Para cada teste, os resultados como tempo de queda e alcance máximo foram registrados pelos componentes da equipe.

### Equações governantes

Podemos modelar o nosso sistema através das equações da Física. Em intervalos de tempos iguais o projétil percorre distâncias iguais devido ao movimento uniforme. Devido a uniformidade do movimento horizontal, todo e qualquer deslocamento será calculado por:

$$\Delta S = V_o \cdot \cos\theta \cdot \Delta t \quad (1)$$

No entanto, o movimento oblíquo possui suas particularidades, através de conhecimentos às equações na vertical é possível deduzir fórmulas especiais como, as equações que nos permite conhecer: a altura máxima alcançada pelo projétil, o tempo de duração do lançamento e o alcance.

$$\begin{aligned} V_y^2 &= (V_o \sin\theta)^2 - 2gh \\ 2gh &= (V_o \sin\theta)^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Como no lançamento vertical, o tempo de subida será exatamente igual ao tempo de descida, para acharmos o tempo total de lançamento basta multiplicar duas vezes o tempo de subida.

$$\begin{aligned} V_y &= V_o \sin\theta - gt \\ 0 &= V_o \sin\theta - gt \\ T_{sub} &= V_o \sin\theta / g \\ T_{total} &= 2V_o \sin\theta / g \end{aligned} \quad (3)$$

O alcance é distância que o projétil atinge na horizontal e a altura máxima atingida depende dos elementos  $V_x$ ,  $V_y$  e da velocidade de lançamento. Enquanto o valor de  $V_x$  acrescenta, o valor de  $V_y$  diminui o que faz com que diminua consequentemente o tempo do projétil no espaço. O alcance depende de ambos os componentes e é máximo para ângulo de arremesso igual a 45°. Como o alcance é uma distancia horizontal, ele deve ser calculado por:

$$\begin{aligned} \Delta S &= V_o \cdot \cos\theta \cdot \Delta t, \text{ com} \\ \Delta t_{total} &= 2 \cdot 2V_o \sin\theta / g \\ A &= V_o \cdot \cos\theta \cdot 2 \cdot (2V_o \sin\theta / g) \end{aligned}$$

$$A = V_o^2 \cdot \sin 2\theta / g \quad (4)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos resultados obtidos podemos constatar experimentalmente que com a diminuição do ângulo de inclinação temos um aumento na distância alcançada pelo projétil de acordo com a Tabela 2. Vale ressaltar a importância da geometria bem definida do projétil, o que facilita sua aerodinâmica e minimizar o máximo possível o efeito da resistência do ar.

Tabela 2. Resultados obtidos

Ângulo	Pressão (bar)	Distância alcançada (m)	Tempo de queda (s)
45°	10	18	2,3
35°	10	20	2,7
25°	10	23,5	3,1
15°	10	25	3,5

Praticamente toda a pressão armazenada no interior da arma age na secção transversal do projétil, isso levando em consideração a pequena perda de ar comprimido referente a folga necessária para o deslocamento do projétil.

De forma genérica, o perfil do movimento do projétil pode ser representado pela Figura 4.

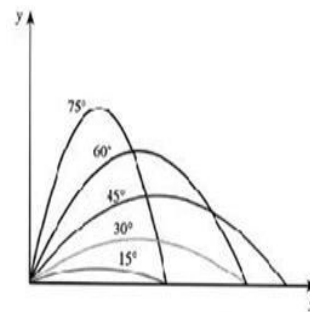


Figura 4. Perfil do movimento do projétil

O gráfico da Fig. 5 representa um tratamento estatístico englobando todas as variáveis dos testes. De acordo com este gráfico percebemos que o tempo de queda aumenta com a diminuição do ângulo de inclinação da atiradeira, ressaltando que não foi levado em consideração o efeito da resistência do ar.

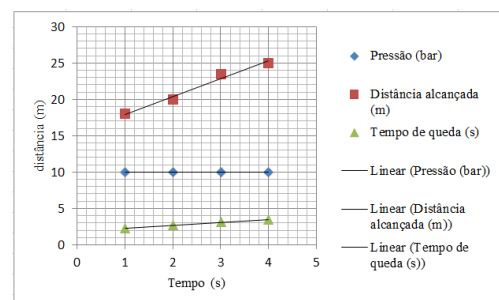


Figura 5. Gráfico relacionando todas as variáveis dos testes

## **CONCLUSÃO**

- O perfil da trajetória percorrida pelo projétil, a distância, o alcance máximo e a variação destas em virtude da variação do ângulo de inclinação;
- A possibilidade de um estudo mais precisa a partir da decomposição vetorial da velocidade e a relação com trigonometria para solução de problema; e
- A relação das trajetórias descritas pelo projétil com parábolas de funções do segundo grau.

## **REFERÊNCIAS**

Halliday, David; Resnick, Robert; Krane, Kenneth S.; Física 1; 5ª edição, LTC 2003, Rio de Janeiro.

Sears, Francis Westom, Et Al. Física 1: mecânica e corpos rígidos. Rio de Janeiro, RJ. Editora LTC, 2008.

Lançamento obliquo. Disponível em <http://www.colegioweb.com.br/fisica/lançamento-obliquo>. Acessado em: 08/06/2014, as 22:00.

## **DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE**

Os autores descritos no início deste artigo são os únicos responsáveis pelas informações aqui contidas.