

INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Rômulo Rezende Bruno de Oliveira

## **PRODUTO EDUCACIONAL**

**ESTUDO DO LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS USANDO O  
SIMULADOR PHET**



VOLTA REDONDA

2022

# Sumário

<b>1</b>	<b>O Produto Educacional</b> . . . . .	<b>3</b>
1.1	O Simulador . . . . .	12
1.2	Atividade 1 . . . . .	13
1.3	Atividade 2 . . . . .	15
1.4	Atividade 3 . . . . .	17
1.5	Atividade 4 . . . . .	18
1.6	Questionário - Verificação Após as Simulações . . . . .	19
<b>2</b>	<b>Manual de Aplicação do Produto Educacional</b> . . . . .	<b>22</b>
2.1	Parte 1 - O Simulador Phet . . . . .	23
2.2	Parte 2 - Aplicação do Produto . . . . .	24

# 1 O Produto Educacional

**Prezados estudantes, sejam todos bem vindos!**

A partir de hoje, teremos algumas aulas para estudar na prática o tema lançamento de projéteis. Nessa e nas próximas aulas, utilizaremos um simulador para que proporcione a vocês um melhor entendimento deste fenômeno. Todo processo será acompanhado pelo(a) professor(a) da disciplina. Desde já, vamos combinar algo: seja qual for sua dúvida, pergunte! É a partir delas que construiremos, com mais clareza, a compreensão do tema aqui proposto.

Para começarmos, trago algumas questões para reflexão. O objetivo do questionário abaixo é saber o quanto cada um conhece sobre lançamento de projéteis. Não se preocupe em acertar as questões. O importante é que você responda o que sabe, para que possamos, posteriormente, discutir essa parte da Física.

## Questionário de Sondagem

Prezados estudantes, agora faremos um breve questionário sobre seus conhecimentos sobre lançamento de projéteis. Não se preocupe com a precisão de suas respostas pois, neste momento, a intenção é saber o quanto você já conhece sobre este assunto.

1. Se você atirar uma bola para cima, ela subirá até determinada altura e depois cairá. No ponto mais alto da trajetória, a velocidade:
  - (a) aumenta;
  - (b) diminui;
  - (c) permanece a mesma velocidade da subida ;
  - (d) é zero.

Justifique sua resposta.

---

---

---

---

2. Deixa-se cair, de uma mesma altura e no mesmo instante, uma pedra e uma folha de papel aberta na horizontal. Qual chegará primeiro ao solo? Ou ambas chegarão ao mesmo tempo no solo? Justifique sua resposta.

---

---

---

---

3. Na questão anterior, caso a folha de papel seja amassada, formando uma “bolinha”, o novo formato altera seu tempo de chegada ao solo? Justifique sua resposta.

---

---

---

---

4. Um jogador de futebol faz um chute a gol do meio do campo. Faça um desenho demonstrando a trajetória percorrida pela bola, imaginando que você está sentado na lateral do campo observando o chute. Descreva com suas palavras

quais os fenômenos envolvidos a partir do chute para que a bola atinja o gol.

---

---

---

---

5. Para efetuar o lançamento durante um jogo de basquete, o atleta executa um movimento de tal maneira que a bola descreve uma trajetória conforme mostra a figura abaixo.

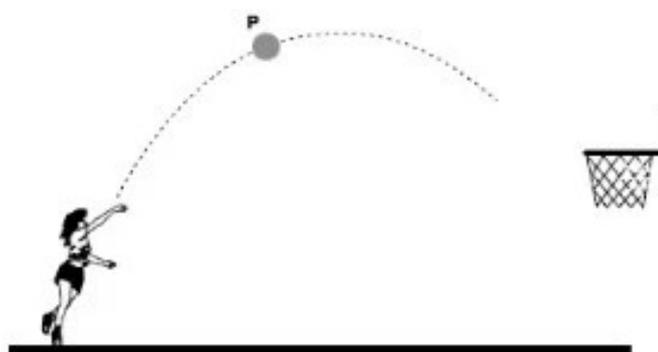


Figura 1 – Lançamento de uma bola. A figura mostra a trajetória a ser percorrida. Fonte: Ref. [??].

Analisando o arremesso mostrado na figura acima, quais movimentos estão envolvidos?

- (a) Apenas movimento horizontal.
- (b) Apenas movimento vertical.
- (c) Apenas movimento circular.
- (d) Movimentos vertical e horizontal.

## Revisão de Alguns Conceitos Físicos

Prezados estudantes, nesta seção faremos uma revisão de alguns conceitos físicos que serão utilizados mais adiante. Iniciaremos esta parte do trabalho fazendo alguns breves questionamentos relacionados ao tema que estudaremos.

O que pesa mais:  $1\text{kg}$  de algodão ou  $1\text{kg}$  de chumbo? Qual o seu peso? Quanto pesa um litro de água? Peso e massa são a mesma coisa? Qual unidade usamos para o peso? E para a massa de um corpo? No vácuo, ao soltarmos uma folha de papel e uma bolinha de aço, ambas da mesma altura, quem chegará primeiro no solo?

### Massa

Na física newtoniana, massa,  $m$ , é um atributo de um objeto, e é uma grandeza escalar. Dito de outra forma, a massa pode ser quantificada somando algebricamente a quantidade de matéria contida em determinado corpo: prótons, nêutrons, elétrons e outras partículas.

Massa é uma propriedade da matéria que independe do meio ao qual está inserida ou do método de medição, ou seja, é uma grandeza fundamental da Física. A massa de um corpo é medida, oficialmente, no Sistema Internacional de Unidades (SI) e sua unidade é o quilograma, cujo símbolo é o  $\text{kg}$ .

### Peso

A Lei da Gravitação Universal diz que, se dois corpos possuem massa, eles sofrem a ação de uma força atrativa, entre si, proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional a sua distância. Em outras palavras, é uma lei física que nos diz que corpos se atraem e essa atração será diretamente proporcional a quantidade de matéria de ambos os corpos. Ou seja, quanto maior for a massa,  $m$ , de cada um desses corpos, maior será a atração mútua entre eles.

Um caso particular desse fenômeno é a atração que a Terra exerce sobre todos os corpos que se encontram em sua proximidade. Esta força atrativa da Terra entre corpos que possuem massa, chamamos de peso,  $p$ , ou força gravitacional. A gravidade, esta atração entre corpos com massa, é uma das forças fundamentais da natureza. E mais, todos os corpos presentes na superfície da Terra estão sob ação de sua força de gravitacional, sendo atraídos na direção ao seu centro

O peso é uma grandeza vetorial, portanto, possui módulo (valor numérico), direção e sentido. No Sistema Internacional de Unidades (SI), sua unidade é o Newton ( $N$ ), que na verdade é uma simplificação de  $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ . Apesar de serem frequentemente confundidos, peso e massa são conceitos bastante distintos entre si. A massa, como já dito, é a quantidade de matéria de um corpo. O peso, por sua vez, é calculado pela equação  $p = mg$ , em que  $m$

é a massa do corpo em  $kg$  e,  $g = 9,8 m/s^2$ , é a aceleração da gravidade da Terra. Como o peso depende da gravidade do local em que está sendo calculado, ele pode variar, ao contrário da massa que é constante.

## O Simulador Phet

Prezados, deste ponto em diante, usaremos o simulador PHET, da Universidade do Colorado, nos Estados Unidos. Este simulador abrange uma gama enorme de assuntos de Física e, além de gratuito, já está traduzido para o português.

Em nosso caso, como estamos estudando o lançamento de projéteis, acessaremos a parte do simulador PHET que se encontra no endereço eletrônico:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion\\_pt\\_BR.htm](https://phet.colorado.edu/sims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion_pt_BR.htm).

A Figura 2, abaixo, mostra a tela inicial do simulador, assim que você acessa o endereço indicado anteriormente.



Figura 2 – Tela inicial do simulador PHET para o tema “Movimento de Projétil”.

Ao clicar em Intro, daremos início ao nosso trabalho com a tela principal. Para que você se familiarize com o simulador, mostrado nas figuras seguintes, observe na tela do seu navegador os detalhes, pois as figuras, por serem menores, não os mostram claramente.

A seguir, vamos por partes, falando de alguns componentes desta tela.

### Altura do canhão

Faça um teste e observe que a altura da base do canhão varia entre 0 m à 15 m mostrado nas Figuras 3 e 4. Para realizar esse movimento, basta clicar com o mouse na parte cinza, representada pela base do canhão. Segure o botão esquerdo do mouse e arraste para baixo ou para cima, regulando a altura que desejar.

### Ângulo de Disparo do Canhão

Como pode ser visto na Figura 5, o ângulo de disparo do canhão varia entre  $-90^\circ$  e  $90^\circ$ . Para escolher o ângulo de lançamento, clique com o mouse na parte amarela do canhão, segurando o botão esquerdo do mouse e arrastando para baixo ou para cima.

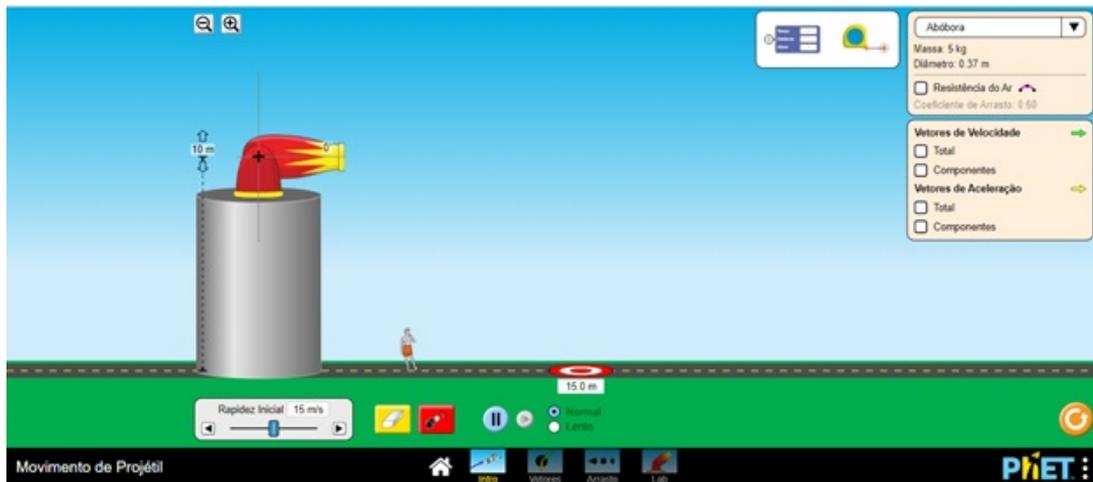


Figura 3 – Tela do simulador mostrando a regulagem de altura do canhão.

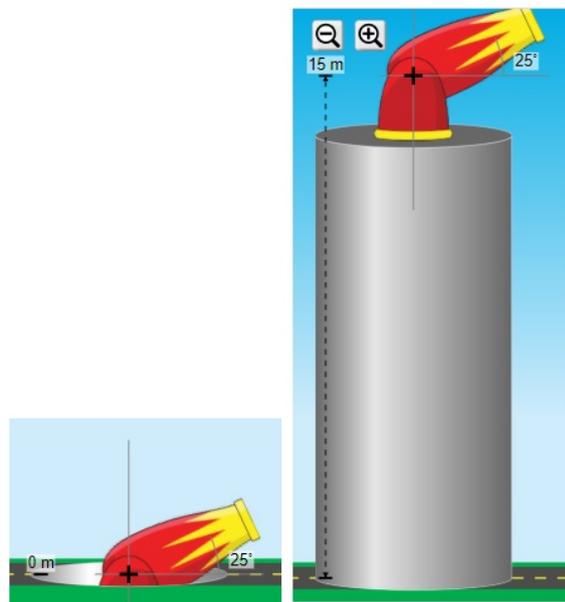


Figura 4 – Tela do simulador mostrando a regulagem de altura do canhão.

A velocidade (ou rapidez) inicial, isto é, a velocidade do lançamento, varia entre  $0 \text{ m/s}$  e  $30 \text{ m/s}$ . Basta clicar com o mouse na caixa de comando, localizada logo abaixo do canhão, como mostrado na Figura 6. Segure o botão esquerdo do mouse e arraste para a esquerda - diminuir velocidade - ou para direita - aumentar velocidade. A escolha da velocidade inicial também pode ser feita clicando-se nas respectivas setas de orientação.

No simulador, existem dois instrumentos de medição: a trena (Figura 7) e o medidor triplo (Figura 8). Para utilização da trena, quando se deseja saber a medida de uma distância desconhecida, basta clicar e segurar o botão esquerdo do mouse. Em seguida, arraste o ponto zero da trena, representado pela primeira cruz vermelha, até coincidir com o ponto zero do canhão, representado pela cruz preta, na base do canhão. Esticando-se a trena até o ponto desejado e, fixando-se a segunda cruz vermelha, obtém-se a medida horizontal da distância procurada.

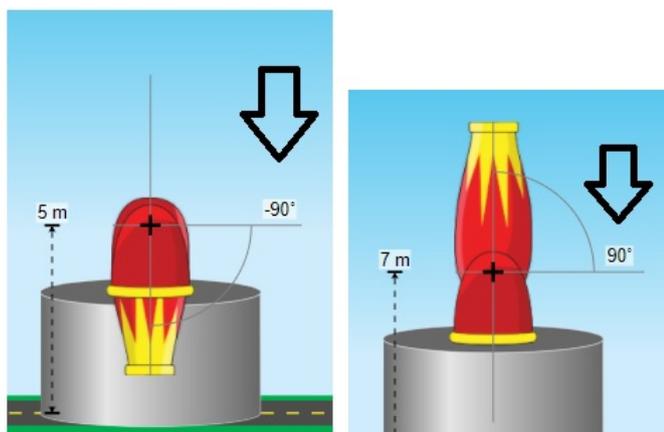


Figura 5 – Tela do simulador onde podemos escolher o ângulo do lançamento.



Figura 6 – Tela do simulador exibindo o comando de escolha da velocidade inicial.



Figura 7 – Trena para medição da distância.

Para manusear o medidor triplo, também basta clicar e segurar o botão esquerdo do mouse. Arraste o visor até o ponto desejado na curva, e faça a leitura dos três valores que serão automaticamente mostrados no medidor triplo. O ponto de interesse, diferentemente da trena, pode ser em qualquer ponto da curva.

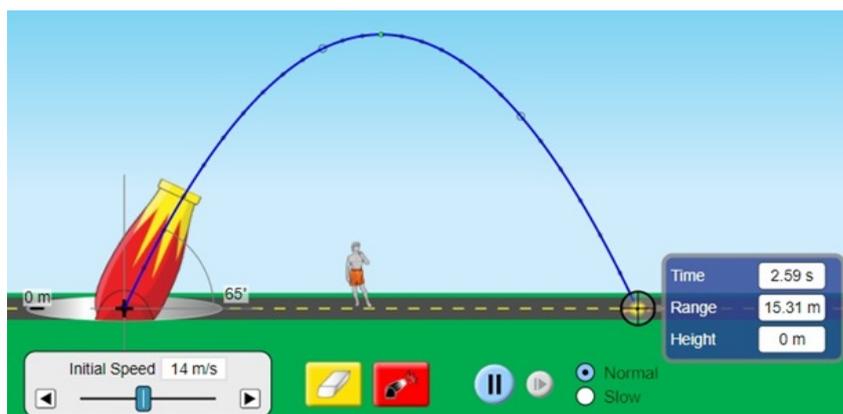


Figura 8 – Medidor triplo mostrando o tempo total do lançamento e a distância máxima atingida.

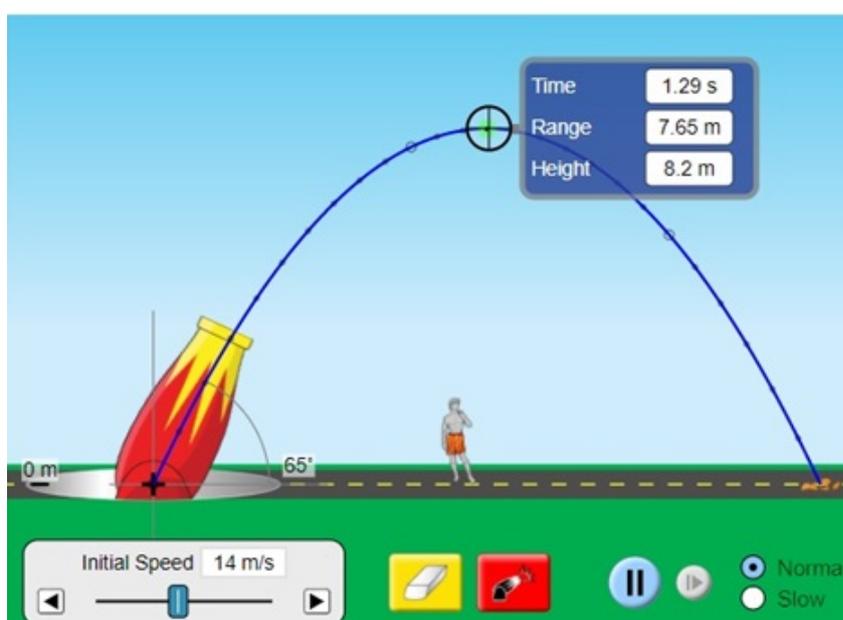


Figura 9 – Medidor triplo em que é dada ênfase a altura máxima atingida pelo projétil.

### Escolha do Projétil

O simulador nos dá a opção de escolher objetos variados, de diferentes massas, que poderão ser lançados. O menu mostrado na Figura 10 está localizado no canto superior direito da tela. Clique na seta de opções, escolha um dos objetos: uma bala de canhão, um obus, bolas de golfe, beisebol ou futebol, uma abóbora, um ser humano, um piano ou carro.

Uma vez feita a escolha dos parâmetros apresentados acima, utiliza-se a tecla atirar para realizar o lançamento, clicando-se na tela vermelha com a imagem do canhão. Por fim, a tecla limpar, representada pela tecla amarela com o desenho da borracha, serve para apagar os dados, ambos exibidos na Figura 11.



Figura 10 – Tela do simulador na qual podemos escolher o objeto a ser lançado.



Figura 11 – Tela do simulador com as funções limpar e atirar.

## 1.1 O Simulador

### Dados de Inicialização

Sua primeira atividade será inserir os dados de inicialização na tela padrão. Essa tela será a base de todas as outras atividades propostas. Para criá-la com os dados de inicialização, basta seguir os passos ensinados anteriormente e escolher os valores aqui listados:

- velocidade inicial:  $15\text{ m/s}$ ;
- ângulo do canhão:  $45^\circ$ ;
- altura do canhão:  $0\text{ m}$ ;
- distância do alvo:  $23\text{ m}$  (basta clicar e arrastar o alvo vermelho e branco);
- objeto lançado: bola de canhão.

Após inserir os dados na tela padrão (Fig. 12), clique em *atirar*. Note que as três estrelas surgirão no solo, significando que o tiro foi perfeito (Fig. 13). Esta atividade teve como objetivo apenas que você se familiarize com a tela de entrada de dados e o lançamento dos projéteis. Nas próximas atividades, vamos explorar alguns detalhes do simulador, modificando os dados do lançamento.

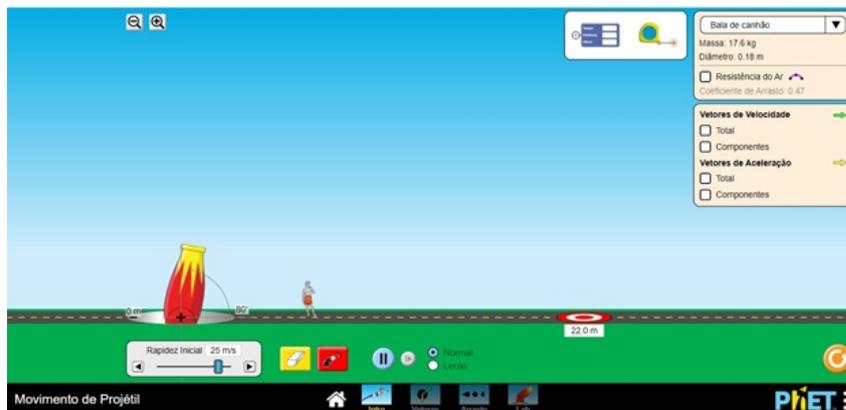


Figura 12 – Tela com os dados de inicialização.



Figura 13 – Tela com os dados de inicialização mostrando o lançamento concluído.

## 1.2 Atividade 1

Partindo-se da tela padrão, selecione três objetos pré-determinados: bala de canhão, bola de futebol e carro. Atire cada um deles separadamente, isto é, um por vez. Em seguida, verifique a distância alcançada (alcance) em cada caso.



Figura 14 – Tela com os os três objetos a serem lançados.

Qual objeto atingiu o maior alcance? Foi uma surpresa para você ou não? Por quê?

---

---

---

---

---

### 1.3 Atividade 2

Continuando o experimento, a partir da tela padrão inicial, selecione bala de canhão. Ajuste a rapidez inicial para  $25\text{ m/s}$ , o ângulo do canhão  $80^\circ$  e alvo distante de  $22\text{ m}$ . Efetue o disparo.



Figura 15 – Tela com um objeto a ser lançado.

O tiro foi perfeito? Atingiu as três estrelas? Se sim, por quê? Se não atingiu, o que pode ser feito para que o alvo seja atingido?

---



---



---



---



---



---

Agora, use os mesmo parâmetros da atividade anterior, bala de canhão, com rapidez inicial de  $25\text{ m/s}$ , ângulo do canhão  $60^\circ$  e alvo distante de  $22\text{ m}$ . Entretanto, desta vez, consideramos a resistência do ar, conforme a figura abaixo. Efetue o disparo.



Figura 16 – Tela com um objeto a ser lançado incluindo a resistência do ar.

O tiro foi perfeito? Atingiu as três estrelas? Se sim, por quê? Se não atingiu, o que pode ser feito para que o alvo seja atingido?

---

---

---

---

---

---



## 1.5 Atividade 4

Caro estudante, a partir de agora, vamos nos preocupar somente com o estudo da cinemática no lançamento oblíquo e seus fenômenos. Em outras palavras, desprezaremos a massa do objeto lançado, uma vez concluído que a sua massa não interferirá nos lançamentos.

Partindo-se da tela padrão inicial, faça um disparo com a bala de canhão num ângulo de  $45^\circ$  e, em seguida, mais disparos, com a mesma bala de canhão, em ângulos menores que  $45^\circ$ .



Figura 17 – Tela do simulador mostrado o local da chegada do projétil.

O que podemos concluir comparando o alcance nos diferentes disparos? Qual ângulo resultou em um maior alcance?

---



---



---



---



---



---

Continuando-se com o mesmo experimento, efetue um disparo com a bala de canhão, num ângulo de  $45^\circ$  e, mais disparos, com a mesma bala de canhão, em ângulos maiores que  $45^\circ$ .

O que podemos concluir comparando o alcance dos disparos? Qual ângulo promoveu o maior alcance?

---



---



---



---



---



---

## 1.6 Questionário - Verificação Após as Simulações

1. Se você atirar uma bola para cima, ela subirá até determinada altura e depois cairá, conforme visto nas atividades anteriores. No ponto mais alto da trajetória, o que acontece com a velocidade vertical do projétil. Por quê?

---

---

---

---

---

---

2. Deixa-se cair, de uma mesma altura e no mesmo instante, uma pedra e uma folha de papel aberta na horizontal. Qual chegará primeiro ao solo? Ou ambas chegarão ao mesmo tempo no solo? O resultado do experimento é o mesmo se for feito no vácuo ou no ar? Justifique sua resposta.

---

---

---

---

---

---

3. Na questão anterior, caso a folha de papel seja amassada, formando uma “bolinha”, o novo formato altera seu tempo de chegada ao solo? Se a bolinha for solta no ar ou no vácuo, o resultado será o mesmo? Justifique sua resposta.

---

---

---

---

---

---

4. Um jogador de futebol faz um chute a gol do meio do campo. Faça um desenho demonstrando a trajetória percorrida pela bola, imaginando que você está sentado na lateral do campo observando o chute. Descreva com suas palavras quais os fenômenos envolvidos a partir do chute para que a bola atinja o gol.

---

---

---

---

---

---

5. Na questão anterior, podemos afirmar que a gravidade é constante e também a velocidade horizontal da bola? Justifique.

---

---

---

---

---

---

6. Para efetuar o lançamento durante um jogo de basquete, o atleta executa um movimento de tal maneira que a bola descreve uma trajetória conforme mostra a figura.

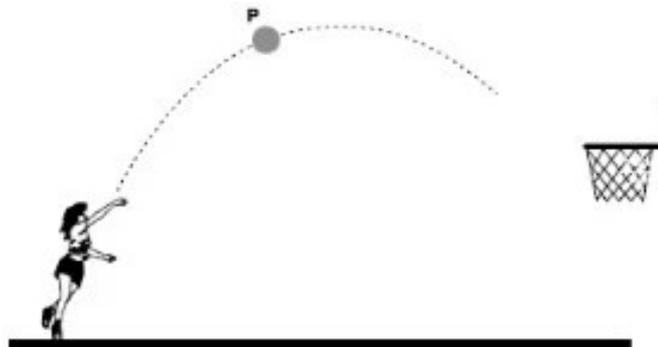


Figura 18 – Lançamento de uma bola. A figura mostra a trajetória a ser percorrida. Fonte: Ref. [??].

Analisando o arremesso mostrado na figura acima, quais movimentos estão envolvidos?

- (a) Apenas movimento horizontal.
- (b) Apenas movimento vertical.
- (c) Apenas movimento circular.
- (d) Movimentos vertical e horizontal.

7. Se todos os experimentos anteriores fossem realizados na superfície da Lua, os resultados seriam os mesmos? Por quê?

---

---

---

---

---

---

## 2 Manual de Aplicação do Produto Educacional

Caros colegas, sejam todos bem vindos!

O produto educacional aqui apresentado tem como objetivo ensinar aos estudantes os conceitos básicos sobre lançamento de projeteis usando o simulador PHET, da Universidade do Colorado, EUA. Este produto foi desenvolvido como parte do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Polo 15, no Instituto de Ciências Exatas - ICEX, da Universidade Federal Fluminense em Volta Redonda - RJ.

Neste manual de aplicação do produto, queremos passar a você, caro(a) colega, um roteiro de como pensamos na aplicação do conteúdo deste produto educacional. Entretanto, as orientações aqui apresentadas não esgotam as possibilidades de aplicação ou, caso ache necessário, a alteração de alguma atividade.

Este manual está dividido em duas partes básicas:

**Parte 1** - O Simulador PHET: Apresentação do simulador.

**Parte 2** - Aplicação do Produto: Sugestões de como proceder a aplicação deste produto educacional.

## 2.1 Parte 1 - O Simulador Phet

O simulador PHET, disponibilizado pela Universidade do Colorado, nos Estados Unidos, possui simulações interativas em diversas áreas de ciências e matemática. A página inicial do PHET pode ser acessada no endereço eletrônico [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/).

Para o caso específico deste trabalho, que trata de lançamento de projéteis, o simulador sobre o tema pode ser acessado em:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion\\_pt\\_BR.htm](https://phet.colorado.edu/sims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion_pt_BR.htm).

Antes da aplicação do produto junto aos alunos, acesse o PHET, familiarize-se com sua interface, entenda os comandos disponíveis e quais seus efeitos nos elementos que constituem a simulação. Após isso, faça algumas simulações apenas para testar o seu entendimento sobre PHET, verifique os resultados, avalie-os.

Por fim, após esta etapa de reconhecimento do PHET, antes de aplicar as simulações descritas neste trabalho, sugerimos que as faça sozinho. Assim, caro(a) colega, além de já ter domínio sobre as tarefas que serão destinadas aos alunos, você poderá antecipar algumas dúvidas suas e deles, pois já estará familiarizado com o simulador e o resultado das atividades.

Após a finalização de todas as atividades, peça aos estudantes que respondam o questionário de verificação de aprendizagem. A aplicação deste questionário é imprescindível, pois é a sua ferramenta, professor(a), para avaliar a aprendizagem dos alunos quanto ao lançamento de projéteis dos corpos, após a aplicação deste produto.

## 2.2 Parte 2 - Aplicação do Produto

Inicialmente, sugerimos que o produto seja aplicado em 4 aulas de 50 minutos cada. Note que a distribuição do conteúdo que faremos a seguir em quatro aulas, é apenas uma sugestão, pois dependerá de como a turma evoluirá em cada etapa do processo. Antes da aplicação do produto, certifique-se de:

- que cada computador utilizado pelos estudantes tenha acesso à internet, pois para o tema lançamento de projéteis, o PHET só permite o uso *online*. Algumas simulações são possíveis de serem baixadas e usadas *offline*.
- ter em mãos os questionários e roteiros para a aplicação do produto.

### Aula 1 - Introdução

A primeira aula será utilizada para apresentar o problema que será estudado. Nesta etapa do processo, dada a vasta literatura sobre o tema, o(a) professor(a) poderá utilizar o que achar mais adequado para introduzir o tema. Entretanto, sugerimos que neste momento, o lançamento de projéteis seja apresentado sem formalismo, seja físico ou matemático. Nesta etapa, é importante dar ouvidos às concepções trazidas pelos alunos.

### Aula 2 - Revisão Conceitual

Nesta segunda aula, dê aos estudantes o questionário de sondagem. Use o tempo que achar necessário para que os todos o respondam, ajudando-os em caso de dúvidas em relação à compreensão do que foi perguntado. Mas, nesta fase do trabalho, nunca responda a questão. E mais, guarde as respostas dadas pelos estudantes, pois elas serão comparadas, posteriormente, com o questionário de verificação de aprendizagem.

Ainda nesta aula, após a aplicação dos questionários, aborde a seção de **Revisão de Alguns Conceitos Físicos**. Tenha em mente que esta seção não tem pretensão de esgotar o assunto lançamento de projéteis ou sobre os conceitos físicos apresentados. Seu intuito é, apenas, fazer uma breve revisão de conceitos que serão fundamentais para a continuação da aplicação do produto.

### O Simulador

Basicamente, esta atividade é a de ambientação do aluno com o simulador e seus componentes. Fique atento ao modo como cada um explora o simulador e, mais importante, se seguem as instruções dadas nesta etapa. Caso haja dificuldade, explique aos estudantes como cada componente do simulador funciona, haja visto que sem o entendimento disto, as próximas atividades podem ser prejudicadas. Para as atividades, lembramos que a discussão das respostas dadas são de extrema importância, pois, cada estudante terá a oportunidade de verificar “experimentalmente” se sua resposta faz sentido ou não para explicar os fenômenos envolvidos no lançamento de projéteis.

## Atividade 1

Partindo-se da tela padrão, selecione três objetos pré-determinados: bala de canhão, bola de futebol e carro. Atire cada um deles separadamente, isto é, um por vez. Em seguida, verifique a distância alcançada (alcance) em cada caso.



Figura 19 – Tela com os os três objetos a serem lançados.

Qual objeto atingiu o maior alcance? Foi uma surpresa para você ou não? Por quê?

*Uma vez feito o experimento, o estudante deverá notar que independente do peso de cada objeto, se mantidos o ângulo e a velocidade inicial, todos atingirão a mesma distância.*

*Esta atividade é fundamental para levantar a discussão sobre o fato de que a única força atuando sobre o objeto durante o lançamento é a gravidade e, que, portanto, será a mesma para todos os objetos lançados.*

*Muito provavelmente, alguns estudantes trarão a concepção de que quanto mais pesado for o objeto, menor será o seu alcance. Esta é uma oportunidade para uma rica discussão sobre o porque desta concepção estar incorreta.*

## Atividade 2

Continuando o experimento, a partir da tela padrão inicial, selecione bala de canhão. Ajuste a rapidez inicial para  $25\text{ m/s}$ , o ângulo do canhão  $80^\circ$  e alvo distante de  $22\text{ m}$ . Efetue o disparo.



Figura 20 – Tela com um objeto a ser lançado.

O tiro foi perfeito? Atingiu as três estrelas? Se sim, por quê? Se não atingiu, o que pode ser feito para que o alvo seja atingido?

*Neste experimento, dados os valores iniciais de velocidade e ângulo de disparo, o estudante verá que o alvo, que está a  $22\text{ m}$  de distância, não foi atingido. Na verdade, a bala do canhão caiu muito além do alvo demarcado.*

*Esta é uma oportunidade para que se discuta qual ou quais variáveis poderiam ser modificadas, fazendo com que a bala de canhão atinja o alvo. Ouça as sugestões dos estudantes, questione a razão de que a variável mencionada por ele alteraria os resultados. Por fim, faça alguns experimentos usando as sugestões dos valores de ângulo e velocidade inicial dada pelos estudantes. A visualização do experimento, associada à ideia das sugestões, é de grande valia no entendimento dos conceitos aqui envolvidos.*

Agora, use os mesmos parâmetros da atividade anterior, bala de canhão, com rapidez inicial de  $25\text{ m/s}$ , ângulo do canhão  $60^\circ$  e alvo distante de  $22\text{ m}$ . Entretanto, dessa vez, consideramos a resistência do ar, conforme a figura abaixo. Efetue o disparo.

O tiro foi perfeito? Atingiu as três estrelas? Se sim, por quê? Se não atingiu, o que pode ser feito para que o alvo seja atingido?

*Novamente, o aluno perceberá que o tiro, mesmo com a resistência do ar, não atingirá o alvo. Porém, é importante salientar que devido a inclusão da resistência do ar, a bala do canhão cai um pouco antes do local em que caiu anteriormente, quando não havia resistência. Sugerimos que ambos os experimentos fiquem na mesma tela, com e sem resistência do ar. O simulador, para cada caso, desenhará curvas de cores diferentes, facilitando a visualização das trajetórias,*

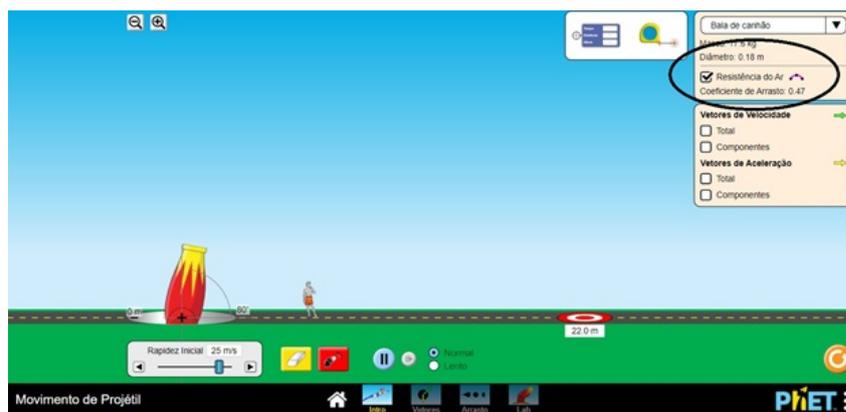


Figura 21 – Tela com um objeto a ser lançado incluindo a resistência do ar.

*bem como do ponto de queda. Aproveite a oportunidade para debater com os estudantes o porque de, mesmo que as posições de queda tenham sido próximas, elas foram diferentes. Lembre-os que o impacto que a resistência do ar terá no alcance do projétil, dependerá de sua velocidade inicial.*

### Atividade 3

Com base nas suas observações das simulações feitas nas atividades 2, 3, 4 e, com apoio do vídeo <https://www.youtube.com/watch?v=Tdnq3HZIowQ>, justifique a pergunta do questionário de sondagem sobre o lançamento de uma pedra e uma folha de papel aberta.

*Nesta etapa do trabalho, já que o papel da resistência do ar foi discutido e mostrado nas atividades anteriores, a discussão torna-se mais fácil. Contudo, por se tratar de um experimento simples, se achar necessário, o(a) professor(a) pode fazer o experimento em sala. Um exemplo que costuma ser bem claro para os alunos é o de um paraquedista. Levante questionamentos sobre o porque ele cai mais rápido com o paraquedas fechado e mais devagar, com o paraquedas aberto.*

## Atividade 4

Caro estudante, a partir de agora, vamos nos preocupar somente com o estudo da cinemática no lançamento oblíquo e seus fenômenos. Em outras palavras, desprezaremos a massa do objeto lançado, uma vez concluído que a sua massa não interferirá nos lançamentos.

Partindo-se da tela padrão inicial, faça um disparo com a bala de canhão num ângulo de  $45^\circ$  e, em seguida, mais disparos, com a mesma bala de canhão, em ângulos menores que  $45^\circ$ .



Figura 22 – Lançamento oblíquo em que o ponto de chegada do objeto no solo é mostrado.

O que podemos concluir comparando o alcance nos diferentes disparos? Qual ângulo resultou em um maior alcance?

*As diferentes trajetórias, cada uma para um ângulo diferente, mostrarão ao estudante que o alcance máximo é obtido apenas quando o ângulo de lançamento for igual a  $45^\circ$ .*

Continuando-se com o mesmo experimento, efetue um disparo com a bala de canhão, num ângulo de  $45^\circ$  e, mais disparos, com a mesma bala de canhão, em ângulos maiores que  $45^\circ$ .

*Semelhante ao experimento anterior, o estudante deverá notar que o maior alcance é obtido com o ângulo de  $45^\circ$ . Este é um momento propício para também discutir que, embora o alcance seja menor, quanto maior o ângulo, maior a altura máxima atingida pelo projétil.*

O que podemos concluir comparando o alcance dos disparos? Qual ângulo promoveu o maior alcance?

*Uma vez que os estudantes tenham completado esta atividade, esperamos que a resposta da pergunta acima fique clara. Neste momento, após vários experimentos terem sido realizados, explique ao aluno a razão pela qual o ângulo de  $45^\circ$  é o que garante o maior alcance. Inevitavelmente, essa explicação exigirá dos estudantes o mínimo de conhecimento de trigonometria básica, uma vez que a decomposição do vetor velocidade é que responderá o porque deste ângulo ser o que leva ao maior alcance.*

## Questionário - Verificação Após as Simulações

*O questionário de verificação de aprendizagem tem por objetivo checar o entendimento dos estudantes referente aos conceitos trabalhados em todas as aulas. Note que as perguntas do questionário de verificação, na verdade, são formulações de questões já debatidas em sala de aula. Porém, caso seja detectado algum problema, sugerimos ao(a) professor(a) que retome a discussão e, se achar necessário, repita os experimentos que tratam dos conceitos que não foram compreendidos.*

1. Se você atirar uma bola para cima, ela subirá até determinada altura e depois cairá, conforme visto nas atividades anteriores. No ponto mais alto da trajetória, o que acontece com a velocidade vertical do projétil. Por quê
2. Deixa-se cair, de uma mesma altura e no mesmo instante, uma pedra e uma folha de papel aberta na horizontal. Qual chegará primeiro ao solo? Ou ambas chegarão ao mesmo tempo no solo? O resultado do experimento é o mesmo se for feito no vácuo ou no ar?  
Justifique sua resposta.
3. Na questão anterior, caso a folha de papel seja amassada, formando uma “bolinha”, o novo formato altera seu tempo de chegada ao solo? Se a bolinha for solta no ar ou no vácuo, o resultado será o mesmo?  
Justifique sua resposta.
4. Um jogador de futebol faz um chute a gol do meio do campo. Faça um desenho demonstrando a trajetória percorrida pela bola, imaginando que você está sentado na lateral do campo observando o chute. Descreva com suas palavras quais os fenômenos envolvidos a partir do chute para que a bola atinja o gol.
5. Na questão anterior, podemos afirmar que a gravidade é constante e também a velocidade horizontal da bola? Justifique
6. Para efetuar o lançamento durante um jogo de basquete, o atleta executa um movimento de tal maneira que a bola descreve uma trajetória conforme mostra a figura.

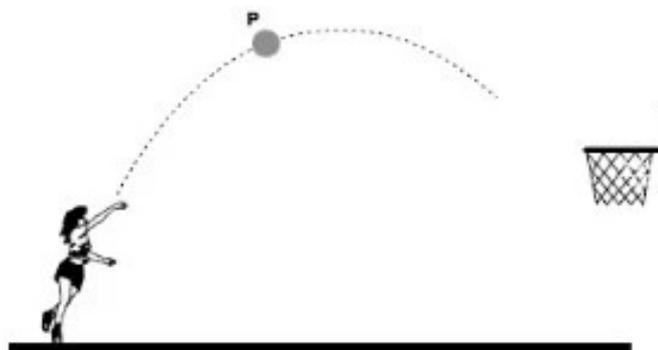


Figura 23 – Lançamento de uma bola. A figura mostra a trajetória a ser percorrida. Fonte: Ref. [??].

Analisando o arremesso mostrado na figura acima, quais movimentos estão envolvidos?

- (a) Apenas movimento horizontal.
- (b) Apenas movimento vertical.
- (c) Apenas movimento circular.
- (d) Movimentos vertical e horizontal.

7. Se todos os experimentos anteriores fossem realizados na superfície da Lua, os resultados seriam os mesmos? Por quê?

---

---

---

---

---

---

---