

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**A PONTE PARA A CIÊNCIA MODERNA: EXPERIMENTOS PEDAGÓGICOS
COM RESPEITO A ARISTÓTELES E GALILEU**

AUTOR: WHAGNON OLIVEIRA FERRAZ

ORIENTADOR: VALMIR HENRIQUE DE ARAÚJO

Vitória da Conquista
Dezembro de 2020

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Whagnon Oliveira Ferraz

**A PONTE PARA A CIÊNCIA MODERNA: EXPERIMENTOS PEDAGÓGICOS
COM RESPEITO A ARISTÓTELES E GALILEU**

Produto educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Orientador: Prof. Dr. Valmir Henrique de Araújo

Vitória da Conquista
Dezembro de 2020

INTRODUÇÃO

Este produto educacional faz parte de uma pesquisa cujo objetivo principal foi perceber quais as concepções dos alunos acerca da queda dos corpos, sobretudo no que diz respeito às teorias de Aristóteles e Galileu Galilei sobre o tema. Ou seja, tínhamos o intuito de entender em que medida os educandos ainda se baseiam nas proposições aristotélicas e se conseguem avançar nesses conhecimentos a medida em que novas informações vão sendo fornecidas, juntamente com a realização dos experimentos. Para tanto, nos utilizamos da perspectiva de autores que defendem a dinamização do processo de ensino/aprendizagem de Física, no sentido de diversificação dos materiais didáticos, bem como do que vinha sendo proposto pelos Parâmetros Curriculares Nacionais ou PCNs. De modo mais geral, também permeou essa pesquisa a crença de que a disciplina de Física ensinada nas escolas deve ser apresentada aos educandos, diariamente, enquanto algo associado ao seu cotidiano e a vida na Terra.

Assim, é importante ressaltar que o PCN é um referencial para que as escolas promovam uma educação de qualidade, com o intuito de orientar a prática docente nas escolas públicas e privadas. Seu surgimento remonta da preocupação de estudiosos da educação que viam a criação de escolas e vagas, nas décadas de 70 e 80, para parte significativa da educação em contraposição a uma alta taxa de evasão e/ou reprovação desses novos alunos. Com a criação da Lei 9394/96 - Lei de Diretrizes e Bases da Educação, vieram os PCNs e suas orientações para que o professor visasse a formação integral do aluno, desenvolvendo todas as capacidades deste.

No que diz respeito a Física, novas diretrizes para o ensino dessa disciplina foram introduzidos, com ênfase nos fenômenos naturais, tecnológicos e na compreensão do universo, competências que incluem os princípios, leis e modelos por ela construídos e também o uso de conceitos e terminologia, além de suas formas de expressão, que muitas vezes envolve tabelas, gráficos ou relações matemáticas. Os PCNs, nesse sentido, impõem uma crítica ao ensino tradicional da Física, afirmando que este “tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado” (BRASIL, 2000, p. 22).

O desafio para os professores é trazer essa disciplina para mais perto do dia a dia dos alunos, apresentando as aplicações de forma prática. Com o uso de experimentos em sala de

aula, a participação dos alunos nas atividades propostas é tanto necessária quanto maior. Quando bem planejados, os experimentos ajudam muito a compreensão dos conteúdos, sendo indispensável para a formação científica em todos os níveis de ensino. Logo, os PCNs apontam:

Frequentemente, o experimento é trabalhado como uma atividade em que o professor, acompanhando um protocolo ou guia de experimento, procede à demonstração de um fenômeno (...) Nesse caso, considera-se que o professor realize uma demonstração para sua classe, e a participação dos alunos resida em observar e acompanhar os resultados. Mesmo nas demonstrações, a participação dos alunos pode ser ampliada, desde que o professor solicite a eles que apresentem expectativas de resultados, expliquem os resultados obtidos e compare-os ao esperado (BRASIL, 2000, p. 80).

O produto educacional aqui exposto ainda se utiliza da abordagem histórica para que os alunos tenham contato com o modo como o conhecimento vai evoluindo. No caso da queda dos corpos, bastante elucidativo sobre a questão experimental, vemos a concepção aristotélica que era baseada na intuição e a de Galileu, balizada por experimentos. Assim, Curado (1999) relata que a abordagem histórica, juntamente com a transposição didática destes conceitos para sala de aula, na forma de experimentos, pode contribuir para o processo de ensino e aprendizagem, pois permitem refletir sobre a ação e agir a partir da reflexão. Segundo o mesmo autor, “[...] o experimento propicia, além de identificar as variáveis que estão sendo consideradas relevantes, chegar a conclusões que colocam em cheque muitas das respostas reveladas pela sondagem e pela discussão da classe” (CURADO, 1999, p. 68).

Desse modo, o professor deve propor atividades experimentais desafiadoras, que possam despertar nos alunos a busca por respostas. cremos, portanto, que o experimento é uma excelente ferramenta que auxilia no processo de aprendizagem do aluno, fazendo com que este tenha uma melhor compreensão dos conceitos científicos e um maior interesse pelas aulas de Física, seja ela realizada no laboratório ou em sala de aula.

A seguir, apresentamos o roteiro de aulas, que foi pensado tanto para resgatar os saberes acumulados dos alunos e para que sejam transformados em novos saberes, quanto para que outros docentes da disciplina Física possam utilizar em suas aulas.

DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Foram desenvolvidas atividades utilizando as concepções de movimento de Aristóteles e de Galileu sobre o que se denomina de queda dos corpos. Como ressaltado acima, as atividades dividiam-se em Momentos e foram desenvolvidas em 9h/aulas nos meses de setembro e outubro de 2019, conforme Tabela 1, abaixo. As estratégias pedagógicas são: questionários, textos impressos, vídeos, roteiros e experimentos didáticos.

Tabela 1 – Descrição do produto educacional

AULA/DATA	MOMENTO	ATIVIDADES
Aula 1 (18/09)	PI	<ul style="list-style-type: none">• Leitura coletiva do texto 1: “Física de Aristóteles”;• Pré-teste.
Aulas 2 e 3 (25/09)	OC	<ul style="list-style-type: none">• Realizar os experimentos 1 e 2;• Responder questões do roteiro.
Aula 4 (02/10)	OC	<ul style="list-style-type: none">• Discussão sobre as conclusões dos alunos referentes a cada um dos experimentos realizados nas aulas 2 e 3.
Aula 5 (02/10)	OC	<ul style="list-style-type: none">• Leitura coletiva do texto 2: “Galileu e a queda de corpos”;• Questões.
Aulas 6 e 7 (09/10)	OC e AC	<ul style="list-style-type: none">• Realizar os experimentos 3 e 4;• Responder questões do roteiro.
Aula 8 (16/10)	OC	<ul style="list-style-type: none">• Discussão sobre as conclusões dos alunos referentes a cada experimento realizado nas aulas 6 e 7;• Vídeo “Queda do martelo e a pena na Lua”.
Aula 9 (23/10)	AC	<ul style="list-style-type: none">• Questionário final.

Fonte: Elaborado pelo autor

ROTEIRO DE AULAS

AULA 1 - Problematização do conhecimento

- ✓ Leitura do texto base
- ✓ Discussão sobre o conhecimento anterior dos alunos
- ✓ Responder as questões discursivas

Texto base: A Física de Aristóteles

Para Aristóteles todos os objetos ou corpos encontrados na natureza eram compostos de quatro elementos: água, terra, fogo e ar. Observou Aristóteles que alguns objetos na terra são leves e outros pesados. Atribuía ele a propriedade de ser leve ou pesado segundo a porcentagem em que nele figurava cada um dos elementos, sendo a terra naturalmente pesada, o fogo naturalmente leve, e a água e o ar intermediário entre os dois extremos.

Para Aristóteles, se um objeto fosse pesado, seu movimento natural seria para baixo, ao passo que, se fosse leve, sobe em linha reta, a não ser que seja soprada pelo vento, enquanto uma pedra, uma maçã, ou um pedaço de ferro cai em linha reta, quando abandonado.

Para Aristóteles, o movimento natural de um objeto era uma linha reta, sendo o sentido para cima ou para baixo, determinado ao longo da vertical que passa pelo centro da Terra e pelo observador.

Segundo a descrição cinemática aristotélica, dois corpos soltos de uma mesma altura, sendo um de peso extremamente igual ao dobro do outro, o mais pesado atingiria no mesmo tempo uma velocidade extremamente igual ao dobro do mais leve.

Para Aristóteles isto era um fato indiscutível, mesmo sem ter lançado mão de comprovações através da experimentação.

Fonte: Fragmento de texto retirado do capítulo 2 do livro “A Gênese do Pensamento Galileano” (ARAÚJO FILHO, 2006).

Provocações: No nosso cotidiano, é comum manusear objetos com as mãos. Supondo que este objeto escorregue da sua mão, o que irá acontecer? Como podemos descrever esse movimento? Quais as grandezas Físicas que estão envolvidas?

São muitas perguntas em um único fenômeno e na hora de buscar estas respostas, é a Física que auxiliará na resolução.

QUESTÕES DISCURSIVAS

1) Imagine duas esferas de mesmo tamanho e materiais diferentes, sendo uma bola de sinuca e outra uma bola de isopor. Se as soltarmos de uma mesma altura e no mesmo instante, qual chegará primeiro ao chão? Por quê?

2) Agora vamos imaginar algumas situações com um caderno e uma de suas folhas soltas.

a- De uma mesma altura soltaremos simultaneamente a folha e o caderno, ambos na posição horizontal (deitados). Qual chegará primeiro ao chão? Por quê?

b- Agora coloque a folha embaixo do caderno. Quem cai primeiro? Por quê?

c- Por último coloque a folha em cima do caderno. Quem cai primeiro? Por quê?

AULAS 2 e 3 - Organização do conhecimento

- ✓ Realizar os experimentos 1 e 2
- ✓ Responder questões do roteiro
- ✓ Aula gravada em áudio e a realização dos experimentos gravada em vídeo.

EXPERIMENTO 1:

Objetivo: Estudar a queda dos corpos.

Materiais utilizados: uma bola de sinuca e uma bola de isopor.

PROCEDIMENTOS:

Segurando cada uma das bolas com uma das mãos, abandone-as de uma mesma altura e ao mesmo tempo.

QUESTÕES

- 1) O resultado do experimento ocorreu conforme era esperado?
- 2) Os objetos chegaram juntos ao chão? Ou algum dos objetos chegou primeiro?
- 3) Que fatores influenciaram no resultado do experimento?

EXPERIMENTO 2:

Objetivo: Estudar a queda dos corpos.

Material utilizado: Um caderno e uma de suas folhas.

PROCEDIMENTOS:

Primeira parte:

Abandone de uma mesma altura e ao mesmo tempo o caderno e uma de suas folhas, na posição horizontal (deitados).

QUESTÕES

- 1) O resultado do experimento ocorreu conforme era esperado?
- 2) Os objetos chegaram juntos ao chão? Ou algum dos objetos chegou primeiro?
- 3) Que fatores influenciaram no resultado do experimento?

Segunda parte:

Agora coloque a folha embaixo do caderno e os abandone da mesma altura do experimento anterior. Abandone-os na posição horizontal.

QUESTÕES

- 1) O resultado do experimento ocorreu conforme era esperado?
- 2) Os objetos chegaram juntos ao chão? Ou algum dos objetos chegou primeiro?
- 3) Que fatores influenciaram no resultado do experimento?

Terceira parte:

Agora coloque a folha sobre o caderno e os abandone da mesma altura do experimento anterior. Abandone-os na posição horizontal.

QUESTÕES

- 1) O resultado do experimento ocorreu conforme era esperado?
- 2) Os objetos chegaram juntos ao chão? Ou algum dos objetos chegou primeiro?
- 3) Que fatores influenciaram no resultado do experimento?

AULA 4 - Organização do conhecimento

- ✓ Discussão sobre as conclusões dos alunos referente a cada um dos experimentos realizados nas aulas 2 e 3.
- ✓ Vídeos dos experimentos realizados nas aulas 2 e 3.

AULA 5 - Organização do conhecimento

- ✓ Leitura do texto base
- ✓ Responder as questões

Texto base: Galileu e a queda dos corpos

Na época de Galileu (1564–1642) os corpos mais pesados caíam mais rápido que os leves. A terra, imóvel, ocupava o centro do universo. O sol, a lua, os planetas e as estrelas giravam em torno da terra com um movimento perfeito: o movimento circular uniforme. No inverno as andorinhas hibernavam no fundo dos oceanos, etc.

Estas concepções faziam parte do paradigma Aristotélico imposto dogmaticamente pela igreja católica cujo questionamento acarretava pela inquisição severas penas - torturas, confinamentos, fogueira, etc.

A maior contribuição de Galileu para o pensamento moderno foi a demolição desse paradigma, muito maior que o seu modelo de ciência e da sua produção científica - incluindo o desenvolvimento do telescópio que levou à descoberta de outras galáxias e atualmente às especulações sobre a origem do universo.

Com relação à queda dos corpos (graves), Aristóteles imaginava que os corpos mais pesados deveriam cair com maior velocidade.

Fato explicado pela doutrina dos quatro elementos - Terra, água, ar e fogo. Cada elemento possui seu lugar próprio. O elemento Terra (sólido) fica em baixo.

Portanto os objetos sólidos dirigem-se, naturalmente, para baixo e os mais pesados chegam primeiro.

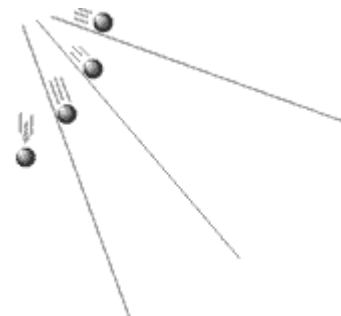
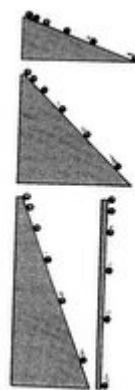
Muitos pensadores já questionavam a validade de tal hipótese. Galileu propôs a realização de uma experiência para resolver definitivamente o conflito - o lançamento de esferas de pesos diferentes do alto da torre de Pisa (alguns autores consideram uma lenda a realização de tal experiência)



Resolvido o problema da queda dos graves, Galileu partiu em busca de uma descrição mais precisa da queda livre - A velocidade é constante ou aumenta com o tempo?

O movimento de queda livre é muito rápido sendo impossível medir tempos de queda com um relógio de água - clepsidra. Atualmente, também, com um cronômetro comum de competição.

Galileu percebeu que num plano inclinado o movimento de queda reproduz a mesma estrutura da queda livre - diluindo a força da gravidade, sendo mais fácil medi-lo. E conclui que se os resultados obtidos num plano inclinado raso se mantivessem válidos em planos de maior inclinação, então, também, seriam válidos num plano inclinado de inclinação máxima ou seja a queda livre.



Devido às limitações tecnológicas de medição da época, Galileu associou métodos hipotético-dedutivos ao processo de medição experimental. Levantou a hipótese de que a velocidade deveria ser proporcional ao tempo de queda e deduziu que os deslocamentos deveriam ser proporcionais ao quadrado do tempo. Em consequência, os deslocamentos efetuados em intervalos de tempos iguais deveriam ser proporcionais à série de números ímpares (1:3:5: 7:9:11, etc.), tornando possível realizar medições com um relógio de água.

Após inúmeras experiências sua hipótese foi comprovada e Galileu pode estabelecer a lei da queda dos corpos (desprezando-se efeitos provocados pela resistência do ar): A velocidade dos corpos em queda livre é proporcional ao tempo de queda.

Em símbolos matemáticos: $v = g \cdot t$, onde g é uma constante de proporcionalidade que caracteriza a aceleração da gravidade no local.

Fonte: GALILEU E A QUEDA DOS CORPOS. Disponível em: <https://sites.google.com/site/conexaocientifica/aplicacoes-do-metodo/galileu-e-a-queda-dos-corpos-graves->, acesso em 28 de ago. 2018.

QUESTÕES

- 1) Imagine duas folhas de papel A4, numeradas como 1 e 2, para diferenciá-las. Se abandonar de certa altura e no mesmo instante essas duas folhas, na posição horizontal, qual das folhas cairá primeiro? Justifique sua resposta.
- 2) Imagine agora duas folhas de papel A4, porém, uma delas amassada no formato de uma “bola”. Qual das folhas cairá primeiro? Justifique sua resposta.
- 3) Considere duas esferas metálicas de mesmo material, cuja massa de uma é o dobro da outra. Se abandonamos ao mesmo tempo e de mesma altura, qual chegará primeiro ao chão? Justifique sua resposta.

AULAS 6 e 7 - Organização + Aplicação do conhecimento

- ✓ Realizar os experimentos 3 e 4
- ✓ Discussão sobre as conclusões dos alunos referentes a cada um dos experimentos realizados.

EXPERIMENTO 3:

Objetivo: Estudar a queda dos corpos.

Materiais utilizados: Folhas de papel A4 (Foram utilizadas folhas de papel A4 ao invés de folhas do próprio caderno para evitar questionamentos quanto a massa de cada folha que, ao ser destacar, poderia ser diferente).

PROCEDIMENTOS:

Primeira parte:

Abandone ao mesmo tempo e de uma mesma altura duas folhas de papel na posição horizontal. Repita mais vezes o mesmo experimento, e também realize o experimento mudando a posição das folhas, abandonando-as na posição vertical.

QUESTÕES

- 1) O resultado do experimento ocorreu conforme era esperado?
- 2) Os objetos chegaram juntos ao chão? Ou algum dos objetos chegou primeiro?
- 3) Que fatores influenciaram no resultado do experimento?

Segunda parte:

Repita o experimento, mas agora amasse uma das folhas de modo a obter uma “bola”.

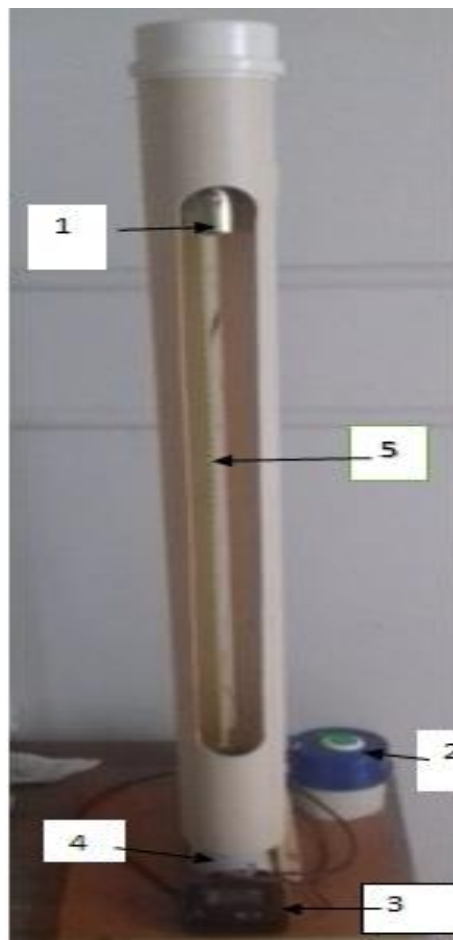
QUESTÕES

- 1) O resultado do experimento ocorreu conforme era esperado?
- 2) Os objetos chegaram juntos ao chão? Ou algum dos objetos chegou primeiro?
- 3) Que fatores influenciaram no resultado do experimento?
- 4) O que você conclui sobre o postulado de Aristóteles?

EXPERIMENTO 4: MAQUETE

Objetivo: Com este experimento de queda de corpos, pode-se observar os tempos de queda livre da esfera.

Materiais utilizados: Cano de PVC 75 mm; Chave rotativa; Interruptor; Cronômetro; Pedestal de madeira; Fios e parafusos (diversos); Fio esmaltado; Carregador de bateria; Fita métrica; Esferas; Balança de precisão utilizada previamente.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Legenda:

- 1 = Eletroímã para fixar as esferas.
- 2 = Interruptor para desligar o eletroímã e ligar o cronômetro.
- 3 = Cronômetro (medir tempo de queda).
- 4 = Interruptor para desligar o cronômetro
- 5 = Fita métrica

PROCEDIMENTOS:

Cada grupo deverá produzir dados com duas esferas de massas diferentes e em duas alturas diferentes.

Passo 1

Ajusta-se a medida da altura de queda (sendo um total de duas medidas diferentes). Utiliza-se a fita métrica para regular a altura de queda do eletroímã até o interruptor posicionado na parte inferior do experimento, que irá travar o cronômetro.

Passo 2

Liga o eletroímã e coloca-se a esfera na posição de queda, onde a mesma irá permanecer sustentada pela atração do eletroímã. Ajusta-se o cronômetro; e aperta o interruptor para desligar o eletroímã e ligar o cronômetro. Quando a esfera cair sobre o interruptor, irá travar o cronômetro.

Passo 3

Anotar os tempos de queda na tabela específica, voltar a chave do interruptor para a posição inicial, zerar o cronômetro e repetir o experimento, obtendo 3 tempos de queda para cada massa.

Resultados

Tabela 1: Distância de _____ metros

TEMPO (s)	MASSA 1 (28g)	MASSA 2 (14g)
Tempo 1		
Tempo 2		
Tempo 3		

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Tabela 2: Distância de _____ metros

TEMPO (s)	MASSA 1 (28g)	MASSA 2 (14g)
Tempo 1		
Tempo 2		
Tempo 3		

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Passo 4

Compare e comente os tempos de queda para as duas massas diferentes, lembrando que uma tem o dobro da massa da outra.

AULA 8 - Organização do conhecimento

- ✓ Discussão sobre as conclusões dos alunos referente a cada um dos experimentos realizados nas aulas 6 e 7.
- ✓ Assistir ao vídeo “O Martelo e a Pena na lua – Experimento de Galileu na Lua”

AULA 9 - Aplicação do conhecimento

- ✓ Responder ao questionário final

QUESTIONÁRIO FINAL

1) Deixa-se cair duas esferas de mesmo tamanho e materiais diferentes, sendo uma bola de sinuca e outra uma bola de isopor, de uma mesma altura e no mesmo instante.

- a) Qual chegará primeiro ao chão?
- b) Quais fatores influenciaram no resultado?

2) No experimento realizado com um caderno e uma de suas folhas solta, aconteceu como era esperado? Ou em alguma das situações aconteceu algo inesperado por você? Comente.

3) Após realizar o experimento com as duas folhas de papel A4, abandonando-as na posição horizontal, e depois umas das folhas amassadas no formato de uma “bola”, qual a conclusão que você chegou sobre a queda de corpos?

4) Diferencie as teorias de Aristóteles e Galileu sobre queda de corpos.

5) Observe os tempos de queda das esferas e comente o resultado.

Tabela 1: Distância de 0,7 metros

TEMPO (s)	MASSA 1 (28 g)	MASSA 2 (14 g)
Tempo 1	0,41 s	0,41 s
Tempo 2	0,44 s	0,44 s
Tempo 3	0,41 s	0,44 s

Fonte: Grupo 1, 2019

IMAGENS DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL







REFERÊNCIAS

ARAÚJO FILHO, W. D. **A gênese do Pensamento Galileano**. Salvador: Editora Gráfica da Bahia, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio (Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias)**. Brasília: MEC, 2000.

CURADO, M. C. C. **Ação Pedagógica em Física no Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Educação – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

O MERTELO E A PENA. **Experimento de Galileu na Lua**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=HqcCpwIeiu4>> Acesso: 10 dez. 2020.