

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
Faculdade de Educação – FaE  
Centro De Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais - CECIMIG  
Especialização em Educação em Ciências

MARCUS VINÍCIUS FIGUEIREDO HORTA MOREIRA

**GRAVIDADE, UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO**

Belo Horizonte

2025

MARCUS VINÍCIUS FIGUEIREDO HORTA MOREIRA

**GRAVIDADE, UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO**

Monografia de especialização apresentada à Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Educação em Ciências.

Orientador(a): Silvania Sousa do Nascimento

Belo Horizonte

2025

M838g  
TCC

Moreira, Marcus Vinícius Figueiredo Horta, 1987-  
Gravidade, uma sequência didática de ensino por investigação [manuscrito]  
/ Marcus Vinícius Figueiredo Horta Moreira. - Belo Horizonte , 2025.  
30 f. : enc, il., color.

Monografia -- (Especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais,  
Faculdade de Educação.

Orientadora: Silvania Sousa do Nascimento.

Bibliografia: f. 26-27.

Anexos: f. 27-30.

1. Gravidade (Física). 2. Lente gravitacional. 3. Ondas gravitacionais. 4.  
Buracos negros (Astronomia).

I. Título. II. Nascimento, Silvania Sousa do. III. Universidade Federal de  
Minas Gerais, Faculdade de Educação.

CDD- 531.14



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**TÍTULO:** GRAVIDADE, UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO.

**Nome do Aluno: Marcus Vinícius Figueiredo Horta Moreira.**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências - CECI, como requisito para obtenção do grau de Especialista em Educação em Ciências.

Aprovada em 12 de julho de 2025, pela banca constituída pelo membros:

Prof<sup>ª</sup>. Sylvania Sousa Nascimento - Orientadora / UFMG

Prof. Rafael Parreira Silva - Leitor Crítico / UFMG

Belo Horizonte, 12 de julho de 2025.

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Nilma Soares da Silva  
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação CECI / FAE / UFMG



Documento assinado eletronicamente por **Nilma Soares da Silva, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 23/07/2025, às 16:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4406024** e o código CRC **DE726FA8**.

## RESUMO

Este trabalho analisou uma sequência didática investigativa sobre o conceito de gravidade com vistas a melhorar a prática de ensino do professor. A pesquisa investigou como os estudantes utilizam as grandezas gravitacionais aceleração, força e campo. As abordagens de ensino geralmente apresentam a gravidade de forma fragmentada, surge então a possibilidade de trabalhar uma abordagem que condensa os conhecimentos em experimentos e simulação em uma unidade temática. Nessa sequência os estudantes realizaram experimentos para determinação do valor da aceleração da gravidade e para o entendimento da queda dos corpos. A força gravitacional foi analisada com o auxílio de simulações computacionais, os fenômenos astronômicos buracos negros, ondas e lentes gravitacionais foram debatidos a partir de vídeos de divulgação científica. Os resultados apontaram que os estudantes conseguiram fazer a distinção entre aceleração e força gravitacional, e entre massa e peso. Outro resultado importante foi o maior interesse e envolvimento dos estudantes na realização das atividades durante as aulas.

**Palavras-chave: gravidade; queda livre; força gravitacional; lentes gravitacionais; ondas gravitacionais, buracos negros.**

## ABSTRACT

This study analyzed a didactic sequence investigating the concept of gravity with a view to improving teachers' practices. The research investigated how students use the gravitational quantities of acceleration, force, and field. Teaching approaches generally present gravity in a fragmented way, and thus the possibility of working with an approach that condenses knowledge into experiments and simulations in a thematic unit. In this sequence, students performed experiments to determine the value of the acceleration of gravity and to understand the fall of bodies. Gravitational force was analyzed with the help of computer simulations, and astronomical phenomena such as black holes, waves, and gravitational lenses were discussed based on popular science videos. The results showed that students were able to distinguish between acceleration and gravitational force, and between mass and weight. Another important result was the greater interest and involvement of students in carrying out activities during class.

**Key-words: gravity; free fall; gravitational force; gravitational lensing; gravitational waves, black holes**

## SUMÁRIO

<b>Introdução</b>	<b>7</b>
<b>Referenciais Teóricos</b>	<b>8</b>
<b>Metodologia</b>	<b>11</b>
<b>Resultados e Discussão</b>	<b>16</b>
<b>Conclusão</b>	<b>25</b>
<b>Referências</b>	<b>26</b>
<b>Anexos</b>	<b>27</b>

## Introdução

O termo gravidade está associado a diferentes conceitos físicos, podemos falar em aceleração da gravidade, força gravitacional, campo gravitacional, massa gravitacional. Esses conceitos geralmente são ensinados no primeiro ano do ensino médio e os livros didáticos os abordam, de forma operacional e mecânica, relacionados aos tópicos de movimentos verticais e gravitação universal. É possível perceber, por meio de falas, a familiaridade que os estudantes têm com o termo, demonstrando grande interesse e expectativa em entender os mecanismos e os detalhes da atuação da gravidade na natureza. Infelizmente os currículos e as abordagens tradicionais de ensino tendem a frear esse entusiasmo inicial dos estudantes, uma vez que, realizam o ensino da gravidade de forma fragmentada. Assim, esvaziam toda a importância dada pelos estudantes ao conceito, impedindo que consigam solucionar suas dúvidas.

Na posição de professor observei que os estudantes manifestam verbalmente a influência da gravidade em diversos fenômenos sem, entretanto, estabelecer uma relação cientificamente lógica sobre a relevância da gravidade naquele contexto. Essa observação me indicou a necessidade da aplicação de uma sequência didática de ensino por investigação sobre o tema. Esse comportamento foi o motivador para o desenvolvimento do ensino sobre a gravidade. O termo gravidade, associado a fenômenos físicos, já está muito difundido na sociedade e, as pessoas o utilizam sem preocupação com a sua coerência conceitual. Essa situação consiste em uma demonstração da presença da cultura da física na sociedade (ZANETIC, 1990). É um indicativo positivo que favorece a realização de uma pesquisa em ensino de física sobre a temática. Esta pesquisa tem por objetivo explorar uma sequência didática de ensino por investigação com vistas a melhorar a prática de ensino do professor. Os objetivos da aplicação da sequência didática investigativa são: realizar o ensino dos diferentes conceitos relacionados a gravidade e demonstrar sua relação com alguns fenômenos astronômicos que despertam grande interesse nos estudantes entre eles os buracos negros, ondas e lentes gravitacionais.

A pesquisa foi realizada com estudantes do 3º ano do ensino médio integral de uma escola pública do estado de Minas Gerais e, a sequência didática foi aplicada durante as aulas do componente curricular de Práticas Experimentais, no contraturno. Embora, tradicionalmente no 3º ano do ensino médio os currículos e livros didáticos de física se concentram no estudo do eletromagnetismo, a componente curricular eletiva viabilizou

a discussão do tema em sala de aula. A separação dos conteúdos em áreas, como mecânica e eletromagnetismo, dificulta uma abordagem em que se possa estabelecer as semelhanças entre força gravitacional e força elétrica, já que ambas são forças centrais. Mediante a aplicação dessa sequência os estudantes conseguiram entender alguns dos mecanismos de atuação da força elétrica.

O ensino de ciências por investigação permite que os estudantes possam explorar os conceitos relacionados à gravidade, com maior liberdade intelectual para questionar, levantar e testar hipóteses (CARVALHO, 2018). Por isso, essa sequência didática, foi realizada diversificando as atividades de ensino, trabalhamos com experimentos ao ar livre, vídeo análise, simulações computacionais e vídeos de divulgação científica. A intenção dessas atividades foi estimular ao máximo a curiosidade epistemológica do estudante buscando a sua maior participação e envolvimento no processo de aprendizado.

A estruturação dessa pesquisa e a aplicação da sequência didática se justificam a partir da necessidade de se demonstrar a ontologia, permitindo aos estudantes entender os agentes físicos e os fenômenos relacionados à gravidade. O ensino de ciências por investigação é uma abordagem didática que, a partir da problematização, busca ao longo do processo extrair dos estudantes maior ação sobre a construção do próprio conhecimento (CARVALHO, 2018).

## **Referenciais Teóricos**

O que é gravidade? Essa questão, enunciada por (FEYNMAN, 2008), pode parecer simples, como também, pode ser respondida de forma detalhada, extensa e complexa. Gravidade é certamente um dos termos físicos mais difundidos pela cultura popular, pois o utilizamos para justificar a queda dos corpos. É compreensível e correto fazer essa associação, já que a queda de um corpo é um fato simples e observado corriqueiramente. Porém, o entendimento da gravidade se torna mais difícil quando pensamos em força gravitacional, em particular ao ser trabalhado em sala de aula a atração dos corpos massivos, assim como, os planetas e o Sol. Esse conhecimento é cada vez menos acessível quanto mais distante do cotidiano estão os experimentos para sua verificação. A influência da gravidade sobre os fenômenos astronômicos é pouco compreendida, dentre outros motivos, porque é difícil para os estudantes, desprovidos de ferramentas cognitivas adequadas, visualizar e entender

a atuação da força gravitacional no fenômeno estudado. Dessa forma, geralmente, os estudantes alcançam apenas o entendimento da gravidade como responsável pela queda dos corpos. Gravidade é um termo que surgiu com as teorias do movimento de Aristóteles, as quais estavam associadas à sua concepção de universo, corpos mais pesados que o ar tendem a cair sobre a superfície da Terra. Esses corpos devido ao seu peso eram chamados de graves (ÉVORA, 2005). Após séculos de desenvolvimento da física, o termo gravidade ganhou novos significados sendo associado a diferentes grandezas físicas como aceleração, força, massa e campo gravitacional. Galileu Galilei foi um dos responsáveis em esclarecer o mecanismo de atuação da aceleração da gravidade sobre os corpos. Ele concluiu que a aceleração da gravidade age igualmente em todos os corpos, ou seja, seus efeitos não dependem do valor das massas dos corpos (PEDUZZI, 2021). Já Isaac Newton, conseguiu descrever matematicamente a força de atração gravitacional que atua entre os corpos. A sua mais importante contribuição foi demonstrar que a força responsável pela queda dos corpos próximos à superfície da Terra é a mesma força com que o Sol atrai os planetas (SAMPAIO e CALÇADA, 2005). Por fim, Albert Einstein com o desenvolvimento da Teoria da Relatividade Geral (TRG), chegou à conclusão de que os efeitos gravitacionais ocorrem devido às distorções no espaço-tempo, que surgem devido à uma grande concentração de massa e energia. É por meio da interpretação de Einstein para a gravidade que conseguimos compreender o fenômeno das lentes gravitacionais, a luz emitida por uma estrela é desviada devido à uma distorção no espaço-tempo (GAMOW, 2003). Nessa situação a luz é atraída por um corpo de massa elevada, comportando-se como um corpo com massa, essa conclusão é catastrófica para a física clássica, pois derruba importantes paradigmas da mecânica clássica e ao mesmo tempo abre precedentes para novas interpretações e teorias a serem pesquisadas. O ensino por investigação pode reduzir esse abismo de conhecimento, pois é uma forma de aproximar a cultura científica e a cultura escolar (SOLINO, 2015), permitindo aos estudantes um entendimento mais amplo da gravidade.

A abordagem de ensino é considerada investigativa quando permite aos estudantes condições para pensar, falar, ler e escrever sobre o objeto de investigação (CARVALHO, 2018). A escolha dessa abordagem, tem por justificativa fazer com que os estudantes estejam mais motivados e participativos no durante o aprendizado.

O ensino de ciências por investigação é também uma possibilidade para os

professores superarem as dificuldades inerentes ao ensino de física, ideias contra o senso comum e conceitos abstratos. O ensino de Física, na atualidade, sobretudo das escolas públicas, é tradicionalmente realizado de forma expositiva, por meio da chamada educação bancária “Nessa metáfora, o conhecimento é “depositado” na cabeça do aluno, sem relação com seu saber prévio, com sua realidade, com seus interesses.” (MOREIRA, 2010, p. 8).

A prática dessa abordagem de ensino, por vezes chamada de ensino diretivo, implica em consequências, que afetam o sentimento dos estudantes, que sem compreender os conteúdos ensinados iniciam um ciclo de desinteresse, desmotivação, baixa auto eficácia, culminando na abominação e aversão à ciência, em especial a física (MOREIRA, 2018). O fato descrito já foi verificado por outros autores, em épocas anteriores “Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto [...]” (BACHELARD, 1996, p. 23). A reprodução desse procedimento de ensino é possivelmente uma das causas que levam os estudantes à não compreensão das teorias e princípios científicos. Porém, é possível apontar um caminho por meio do qual seja possível auxiliar os estudantes na superação de suas dificuldades no aprendizado de física. Prosseguindo o seu raciocínio Bachelard, aponta possíveis alternativas a serem seguidas pelos professores de física.

Em outro trecho de sua obra o autor descreve e crítica os processos de ensino utilizados pelos professores. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana. (BACHELARD, 1996, p. 23).

A proposta deste trabalho é aplicar uma sequência de ensino em que os estudantes possam ter contato com as diferentes teorias que o conceito de gravidade está envolvido, tal como ocorre na obra Física Conceitual (HEWITT, 2011). O ensino básico de física no Brasil é, em sua maior parte, o ensino de física clássica, dificilmente ocorre o ensino de teorias modernas da física (MOREIRA, 2021). A sequência didática aplicada trabalhou tópicos que tratam desde a queda dos corpos, a Gravitação Universal até a Teoria da Relatividade Geral. Utilizando recursos diversificados como experimentos, vídeos, softwares de simulação, construção de maquetes, para facilitar o entendimento de teorias e conceitos abstratos, proporcionou-se aos estudantes as

condições necessárias para a realização de um ensino investigativo.

## **Metodologia**

A metodologia utilizada nesta pesquisa tem como principal característica possibilitar a melhoria da prática de ensino do professor. Dessa forma, a metodologia que atende a esse propósito é a qualitativa do tipo pesquisa-ação (TRIPP, 2005). O objetivo dessa pesquisa é obter um conhecimento sobre a prática de ensino por unidade temática, a partir da coleta e análise dos dados gerados por meio da aplicação de uma sequência de ensino por investigação. O professor pesquisador de sua prática quando comprometido com os resultados da pesquisa tende a se tornar um usuário da pesquisa educacional para realizar intervenções necessárias no processo de ensino-aprendizado (MOREIRA, 1988).

Essa pesquisa foi realizada com estudantes do terceiro ano do ensino médio integral de uma escola da rede pública do estado de Minas Gerais. A escola está localizada no centro da cidade de Itabira, interior do estado. O ensino médio é ofertado nas modalidades integral, propedêutico ou técnico e regular noturno. A infraestrutura física da escola é adequada com salas de aula amplas, arejadas e com luminosidade, laboratórios e salas de vídeo e informática com aparato experimental suficiente para utilização.

Atualmente a escola atende um público de estudantes, que são em sua maioria, de origem das camadas sociais e econômicas menos favorecidas da sociedade. Porém, mesmo em situações de possível vulnerabilidade social o ambiente escolar e em sala de aula não é repulsivo ou violento. Os estudantes oferecem receptividade às diferentes abordagens didáticas, ainda que, em alguns momentos demonstram cansaço e desmotivação devido à extensa carga horária.

A turma, em que a sequência de ensino foi realizada, atualmente possui 12 estudantes que cursam o ensino médio propedêutico, modalidade em que os estudantes não estão vinculados a nenhum curso técnico. A quantidade de estudantes dessa turma diminuiu bastante desde o início do ano letivo. Alegando cansaço e falta de tempo, devido a elevada carga horária de aulas diárias, alguns deles realizaram transferências para outras escolas com menor carga horária, com a intenção de trabalhar no contra turno ou descansar. A experiência da prática em sala de aula do professor e o seu contato diário com os estudantes desde o primeiro ano do ensino

médio permitem traçar um perfil das características dos estudantes, embora não se tenham dados de pesquisa para reforçar essa análise qualitativa. A turma é heterogênea quanto às características sociais, econômicas e idade dos estudantes. Quanto aos conhecimentos e habilidades eles estão em níveis semelhantes de desenvolvimento, com elevada defasagem em conceitos básicos.

A sequência didática de ensino por investigação aplicada para coleta de dados da pesquisa foi realizada em 5 etapas. A implementação dessa sequência de ensino ocorreu com a utilização das aulas do componente Práticas Experimentais. Essa disciplina é utilizada para realização de aulas experimentais de Física, Química, Biologia e Matemática, em substituição às aulas de laboratório, e está inserida no currículo do novo ensino médio e do curso integral, com carga horária semanal de 3 horas-aula. Toda a realização da sequência aconteceu em 3 semanas, totalizando 7 horas-aula de 50 minutos.

A primeira etapa desta sequência foi motivada pelas falas dos estudantes a respeito da gravidade, uma problematização a respeito do conceito foi realizada para apresentação do processo investigativo. Em seguida, outras três etapas da sequência foram colocadas em prática: determinação experimental da aceleração da gravidade e o estudo da queda livre; verificação dos fatores que influenciam a intensidade da força gravitacional e apresentação de fenômenos astronômicos afetados pela gravidade. A quinta e última etapa da sequência ocorreu com a divulgação dos resultados da pesquisa.

### 1ª Etapa

A primeira etapa da sequência teve duração de uma aula e ocorreu na sala de vídeo da escola, foram gerados registros escritos e áudios para a pesquisa. Com a utilização do aparato de multimídia foi apresentado aos estudantes uma série de imagens da física, bastante difundidas pelos livros e meios de comunicação – ilustração do experimento de Galileu, ilustração e um corpo em órbita, obtida do livro Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano, ilustração de Isaac Newton debaixo de uma árvore sendo atingido por uma maçã, imagem de uma lente gravitacional, imagem da distorção do espaço-tempo por um corpo massivo, imagem de um buraco negro e uma imagem de um sistema binário de corpos massivos gerando uma onda gravitacional (veja anexo 1). Na primeira atividade os estudantes foram provocados a identificar qual era a referência de cada imagem e se elas possuíam algo em comum. Um momento de debate foi promovido

para buscar soluções para as provocações iniciais. No final da aula os estudantes foram apresentados à sequência sendo esclarecidos da parte legal e de todos processos e procedimentos a serem realizados em sua execução. Duas perguntas finais foram realizadas sobre a gravidade: - O que vocês sabem? - O que gostariam de saber? (veja anexo 2). As respostas a essas perguntas foram registradas e entregues para o professor, sendo utilizadas como dados para essa pesquisa.

### 2ª Etapa

Essa etapa foi realizada em três aulas, cujo objetivo principal foi determinar o valor da aceleração da gravidade local e estudar a queda livre. Durante a execução das tarefas da sequência foram coletados dados em vídeo, fotografia, áudio e registros escritos para a pesquisa. Na primeira aula os estudantes foram orientados a realizar uma gravação de uma bola de tênis de mesa em queda de uma altura de 30 cm, em seguida utilizando a sala de informática os estudantes foram orientados para utilização do software de vídeo análise Tracker Video Analysis. Na segunda aula, utilizando o mesmo programa, foi realizada a determinação do valor de aceleração da gravidade local a partir dos dados de linearização do gráfico de velocidade x tempo, esse valor foi interpretado pelos estudantes e debatido com o professor. A atuação da aceleração da gravidade em corpos de massas diferentes foi investigada na terceira aula por meio dos movimentos de queda e lançamento vertical para cima, duas caixas de fósforo de tamanhos diferentes conectadas por barbante e uma garrafa de água com uma pequena abertura inferior. Os estudantes foram perguntados sobre o que poderia acontecer às caixas de fósforo e à garrafa com água: - Qual caixa de fósforo, a pequena ou grande, toca o chão primeiro? - O que vai acontecer com a água vazando na garrafa quando ela cair? Por fim, os estudantes também assistiram ao vídeo da rede BBC que reproduz o experimento de Galileu da queda de uma bola de boliche e de penas caindo no ar e no vácuo, ao final do vídeo foi realizada uma discussão relacionando o vídeo aos experimentos.

### 3ª Etapa

A terceira etapa da sequência foi realizada em uma aula na sala de informática. Destinada ao entendimento dos parâmetros que alteram a intensidade da força gravitacional, por meio de uma simulação do site Phet Colorado. Utilizando um roteiro de atividades impresso (veja anexo 3) – a partir do qual a coleta de dados desse momento da pesquisa foi realizada – os estudantes acessaram a simulação

Laboratório de Força Gravitacional para analisar os parâmetros da Lei de Gravação Universal. A atividade consistia na realização das tarefas contidas no roteiro para identificação das grandezas físicas de massa, distância, força e a interpretação da constante de gravitação universal. Ao final desta aula os estudantes foram provocados a responder à questão levantada por George Gamow em seu livro Gravidade, qual é o movimento de um corpo solto em um buraco que atravessa a superfície da Terra de um ponto a outro oposto.

#### 4ª Etapa

A penúltima etapa da sequência foi realizada em uma aula, os estudantes foram apresentados aos fenômenos astronômicos por meio de vídeos informativos de divulgação científica. A coleta de dados desse momento foi realizada utilizando gravações de áudio no momento em que as dúvidas e debates aconteciam. O fenômeno das Lentes Gravitacionais foi apresentado e estudado utilizando-se o vídeo: do Canal USP da série Fascínio do Universo episódio 5 ([https://www.youtube.com/watch?v=Cid\\_1Q6masl](https://www.youtube.com/watch?v=Cid_1Q6masl), acessado em 12 de maio de 2025). O fenômeno das Ondas Gravitacionais foi introduzido a partir do vídeo: As ondas gravitacionais previstas por Einstein e confirmadas 100 anos depois do canal BBC News Brasil (<https://www.youtube.com/watch?v=7PngA17bCQU>, acessado em 12 de maio de 2025).

O último dos fenômenos analisado foram os buracos negros, em que se utilizou o vídeo Buracos Negros e seus Mistérios do canal Telescópio Gigante de Magalhães - GMT Brasil (<https://www.youtube.com/watch?v=GztHs9g3Gco>, acessado em 12 de maio de 2025). Por fim, a solução do problema proposto George Gamow e apresentado na aula anterior foi realizada utilizando-se o software de animações físicas Algodoo (<https://www.algodoo.com/>).

#### 5ª Etapa

A última etapa da sequência foi realizada em uma aula, o objetivo foi comunicar os resultados das atividades realizadas pelos estudantes sobre o conceito de gravidade. Esse momento foi registrado a partir de fotografias e áudios. Os estudantes foram orientados a apresentar para estudantes de outras turmas a sequência de atividades realizadas e os resultados da pesquisa a partir de um banner, elaborado pelos estudantes e pelo professor. Nesse momento os estudantes foram observados quanto à linguagem científica utilizada, clareza na explicação das tarefas realizadas,

entendimento do conceito de gravidade e dos fenômenos astronômicos estudados. A descrição da pesquisa em suas 5 etapas pode ser observada no quadro 1.

A sequência didática, dividida entre as etapas e seus objetivos para a coleta de dados, está resumida no quadro 2.

ETAPA DA PESQUISA	COLETA DE DADOS	OBJETIVO
1ª Problematização	registro escrito	Apresentar a sequência didática a ser aplicada.
2ª Vídeo-análise	gravações de áudio	Verificar o entendimento do conceito de aceleração da gravidade.
3ª Experimento de queda livre	atividades e interação com professor	Observar a atuação da gravidade em corpos de massas diferentes.
4ª Simulação	atividades gravação de áudio	Testar os fatores que alteram a intensidade da força gravitacional.
5ª Vídeos de fenômenos astronômicos	gravação de áudio	Entender a atuação da força gravitacional nos fenômenos astronômicos.

Quadro 1: Descrição das etapas da pesquisa.\*Fonte : Notas do autor

ETAPA DA SEQUÊNCIA	RECURSOS	OBJETIVO
1ª	Vídeo-análise	Determinar o valor da aceleração da gravidade.
2ª	Experimento de queda livre	Investigar como a aceleração da gravidade atua sobre os corpos de diferentes massas.
3ª	Simulação	Verificar quais os fatores estão relacionados a força gravitacional e como eles alteram sua intensidade.
4ª	Vídeos de fenômenos astronômicos	Apresentar a relação entre a gravidade e os fenômenos astronômicos.
5ª	Banner	Apresentar os resultados do processo investigativo realizado pelos estudantes

Quadro 2: Resumo das etapas da sequência didática.Fonte : Notas do autor

## Resultados e Discussão

Os resultados dessa pesquisa se concentraram no entendimento dos estudantes sobre a aceleração da gravidade, sua atuação e distinção em relação a força gravitacional. Os principais dados utilizados nesta investigação foram as respostas às

perguntas dos experimentos de queda livre e as atividades do roteiro Phet (veja anexo 2).

### 1ª Etapa

Durante a problematização inicial foi possível perceber que os estudantes, por meio de suas falas no debate e após uma ajuda do professor conseguiram identificar a maioria das imagens apresentadas. Durante a discussão inicial sobre as imagens, os estudantes realizaram constantes intervenções com falas no sentido de cooperação para encontrarem as referências das imagens. Ressalta-se que as ilustrações de Galileu soltando dois objetos do alto da torre de Pisa e de Isaac Newton sentado debaixo de uma árvore, foram as imagens que mais despertaram a atenção dos estudantes. Observa-se o pouco conhecimento sobre as representações das lentes e ondas gravitacionais, embora tivessem identificado com facilidade o fenômeno dos buracos negros na imagem. Outro ponto que eles demonstraram grande dificuldade foi no reconhecimento da atuação da gravidade em todas as imagens contidas na apresentação. Por fim, contando com a intervenção do professor, estudantes concluíram que existia uma influência da gravidade em cada fenômeno apresentado pelas imagens. Dentre as respostas à questão: - O que você gostaria de saber sobre a gravidade? - realizada no final da aula se destacam os registros contidos no quadro 3.

Estudante A	Por que a gravidade existe? O que aconteceria no espaço se a gravidade sumisse?
Estudante G	Por que o núcleo da Terra exerce força gravitacional?

Quadro 3: Respostas de destaque às questões da problematização. Fonte: Notas do autor

Essas perguntas foram debatidas em sala na aula seguinte e respondidas pelo professor. A aula de problematização aconteceu na parte da tarde, período em que as aulas estão mais vazias, e, por isso, gerou poucos dados relevantes.

### 2ª Etapa

As atividades desse momento da sequência permitiram aos estudantes encontrar o valor de aceleração da gravidade de  $g = (9,34 \pm 0,05) \text{ m/s}^2$  (veja figura 1). A partir de alguns ajustes no Tracker foram obtidos os dados da linearização para o gráfico de velocidade x tempo para o movimento de queda da bola de tênis de mesa. Dessa

forma, o parâmetro A, da linearização foi associado à aceleração da gravidade, uma vez que, se tratava do coeficiente angular da reta (veja figura 2). O valor da aceleração da gravidade obtido foi contrastado com o valor de referência para a aceleração da gravidade local de  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Um debate sobre as possíveis causas para essa diferença foi levantado e os estudantes sugeriram hipóteses para justificar a diferença no valor da aceleração obtida pelo vídeo-análise. Os experimentos de queda dos corpos foram suficientes para que os estudantes verificassem a atuação da aceleração da gravidade em corpos com diferentes massas, em baixas alturas e com resistência do ar (veja figuras 3, 4 e 5).

O vídeo da BBC que demonstra a reprodução do experimento de Galileu serviu como comprovação de conclusão de sala de aula (<https://www.youtube.com/watch?v=7PngA17bCQU>).

Os estudantes puderam verificar que livre da ação da resistência do ar corpos de massas diferentes sofrem a mesma ação da aceleração da gravidade caindo e chegando ao solo simultaneamente.

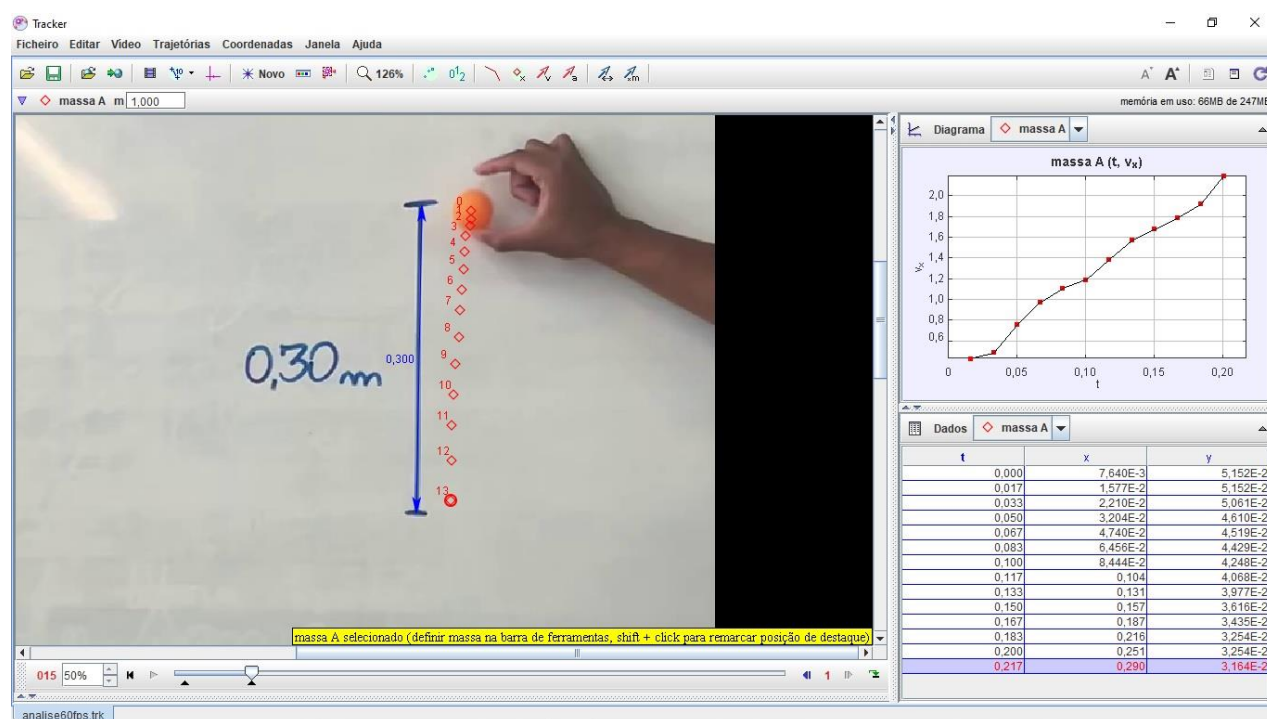


Figura 1: Vídeo análise utilizando o programa Tracker da bola de tênis de mesa em queda.

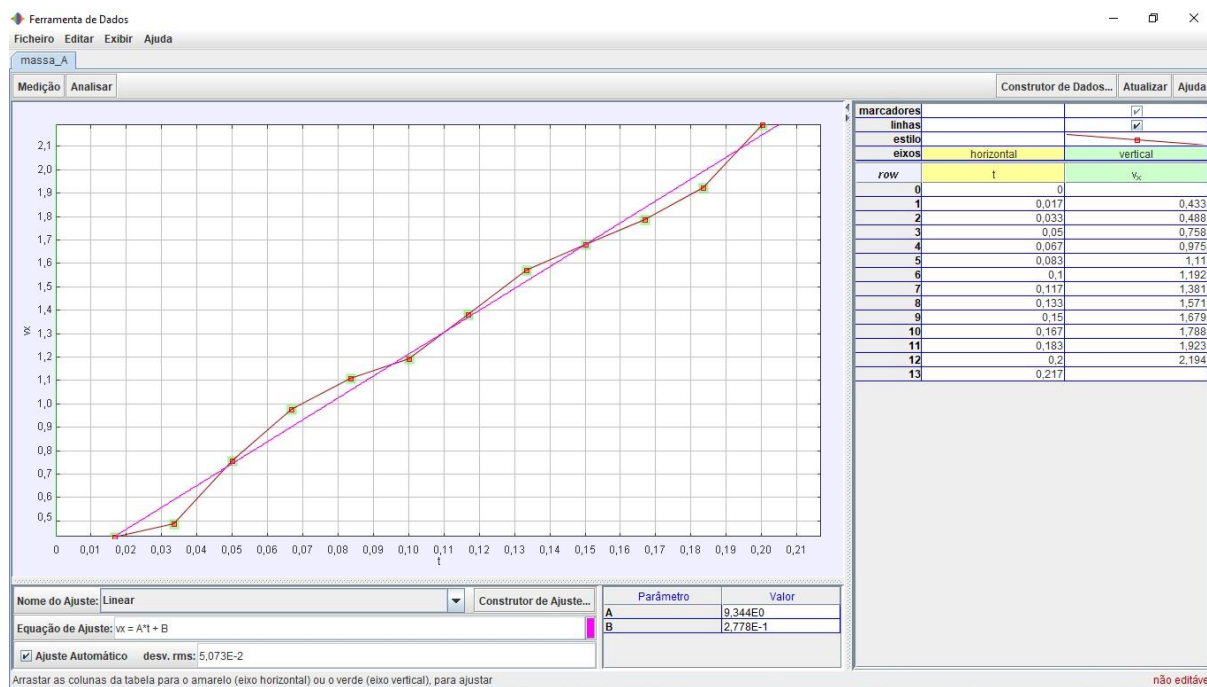


Figura 2: Gráfico Velocidade x tempo e dados da linearização.



Figura 3: Garrafa com água e furo na parte inferior usada em experimento.



Figura 4: Caixas de fósforo amarradas por barbante utilizadas no experimento.



Figura 5: Experimento conduzido pelo professor de caixas de fósforo em queda.

### 3ª Etapa

A realização das tarefas utilizando a simulação Laboratório de Força Gravitacional do site Phet, possibilitou aos estudantes verificar as relações existentes entre as massas e a distância na intensidade da força gravitacional. Utilizando o roteiro os estudantes concluíram que uma alteração na massa de qualquer um dos corpos que exercem forças de atração entre-si produz uma mudança no valor dessa força.

Esse fato é uma evidência de que a força gravitacional é diretamente proporcional ao produto das massas dos corpos. A relação entre distância e intensidade da força gravitacional foi mais difícil de ser verificada, devido às limitações da simulação. Ainda assim, com auxílio do professor, os estudantes conseguiram verificar que a força gravitacional é inversamente proporcional ao quadrado da distância que separa as massas. Por fim, utilizando o menor valor de massa possível da simulação, 10 kg para cada uma das massas, e a distância de separação de 10 metros, os estudantes encontraram um valor de força gravitacional extremamente pequeno, de 0,000000000067 N e bem próximo ao número que representa a constante de gravitação universal. Assim, foi possível que os estudantes junto ao professor concluíssem que a força gravitacional possui uma intensidade muito pequena quando relacionada a corpos com baixos valores de massa. Apesar de não conseguirem formular uma resposta sobre o problema proposto por George Gamow, os estudantes demonstraram grande interesse em entender a simulação do Algodoo que responde ao desafio (veja figuras 6 e 7).

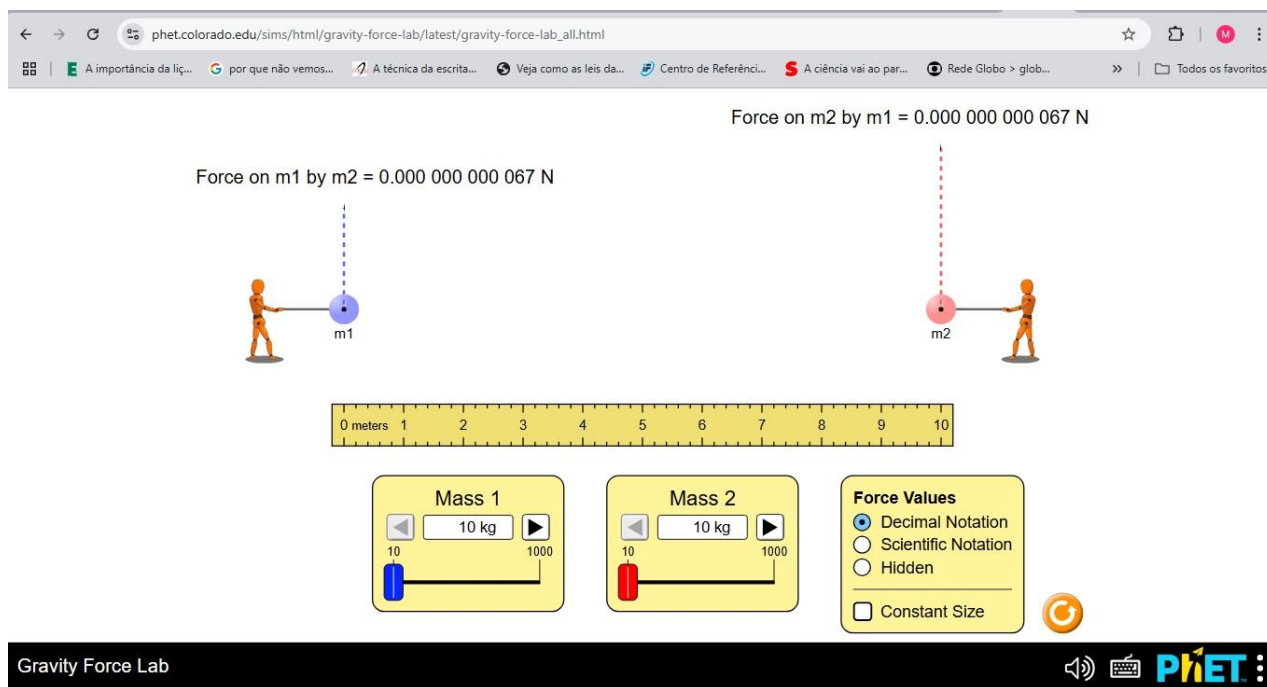


Figura 6: Utilizando da simulação Laboratório de Força Gravitacional Phet.

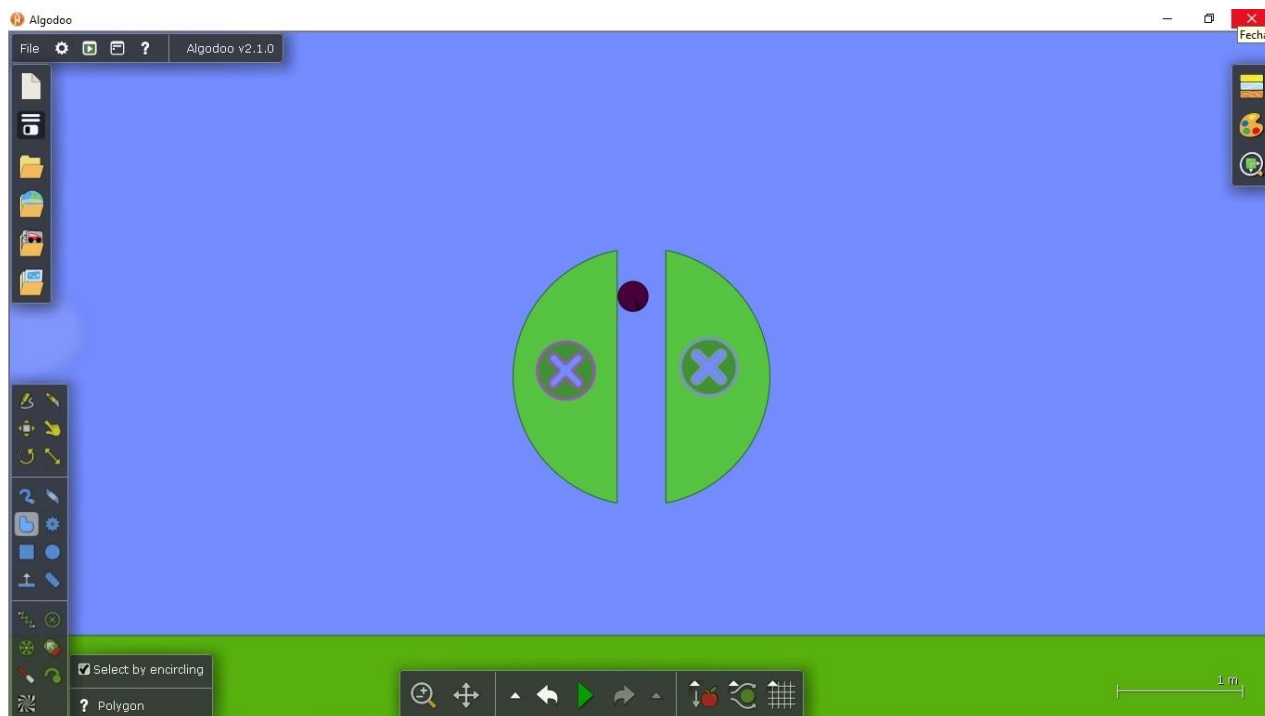


Figura 7: Animação para demonstrar a solução do problema proposto por George Gamow.

#### 4ª Etapa

A aula de apresentação dos fenômenos astronômicos foi realizada com a intenção de realizar uma ilustração para a importância da força gravitacional quando envolvida com corpos de grandes valores de massa. Os vídeos apresentados, foram selecionados a partir da clareza das ideias expostas, do tempo de duração em que se optou por vídeos curtos com menor volume de novas informações. É difícil realizar com precisão qual foi o entendimento dos estudantes a respeito dos fenômenos, uma vez que, que os mesmos possuem uma complexidade inerente. Entretanto, a partir das discussões foi possível verificar um grande interesse e entusiasmo em relação aos fatos expostos pelos vídeos. O fator mais importante dessa etapa da sequência foi alcançado, pois os estudantes começaram a estabelecer relações entre a aceleração da gravidade e os fenômenos apresentados. Durante a apresentação do vídeo sobre lentes gravitacionais 3 estudantes se manifestaram com dúvidas pertinentes sobre o fenômeno, o vídeo foi pausado e se iniciou um debate. Na discussão os estudantes ficaram curiosos em saber como a luz se curva no espaço. Eles foram esclarecidos do campo gravitacional criado em torno de um corpo de grande massa. Nesse instante, o professor retomou as conclusões das aulas sobre força gravitacional e os estudantes conseguiram estabelecer a diferença entre força e campo gravitacional.

## 5ª Etapa

A realização da divulgação dos resultados da pesquisa ocorreu na última aula desta sequência. Foi possível verificar que os estudantes se surpreenderam com os dados contidos no gráfico e que todas as atividades que realizaram resultaram em um conhecimento que poderia ser visualizado e explicado pelo por meio do banner (veja figura 8). Os estudantes demonstraram certo receio na apresentação dos resultados da pesquisa, pois temiam não saber agir quando questionados. Os momentos da sequência foram então revisados e sob orientação do professor foi possível finalizar a sequência. A apresentação do banner foi além de um momento de síntese da sequência, uma forma de socializar o conhecimento na turma (veja figuras 9 e 10).

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**FACULDADE DE EDUCAÇÃO - FaE**  
**CENTRO DE ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA DE MINAS GERAIS - CECIMIG**  
**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS - CECI**  
**ESCOLA ESTADUAL MESTRE ZECA AMÂNCIO**

**Professor orientador:** Marcus Moreira: [marcus.horta@educacao.mg.gov.br](mailto:marcus.horta@educacao.mg.gov.br)

**Estudantes orientados:** Bianka Letícia de Oliveira; Bruno Dias de Souza; Danilo Maia Drummond Menezes; Evelyn Rosa Monteiro; Gilson Bruno Menezes De Oliveira; Jhonathan Eduardo De Moraes Vieira; Kaique Pinto Silva; Luan Filipe Figueiredo Camargo; Matheus Henrique Martins Dos Santos; Miguel Ferreira De Castro; Pedro Lucas De Moura; Sofia Karoline Santos.

### O que é a gravidade?

#### INTRODUÇÃO

Nessa pesquisa estudantes do terceiro ano do ensino médio realizaram um estudo sobre as características gerais da gravidade e os fenômenos relacionados. A partir de uma sequência de ensino investigativa, orientada pelo professor de física, os estudantes realizaram experimentos para determinação do valor da aceleração da gravidade e para o entendimento da queda dos corpos. Os aspectos da força gravitacional foram analisados com o auxílio de simulações computacionais. Por fim, os fenômenos gravitacionais astronômicos como buracos negros, ondas e lentes gravitacionais foram debatidos a partir de vídeos de divulgação científica sobre os temas.

#### OBJETIVO

Realizar uma pesquisa investigativa sobre a gravidade e os fenômenos relacionados.

#### METODOLOGIA

Utilizando o programa *Tracker video analysis* realizou-se a determinação do valor de aceleração da gravidade local. Para isso, os estudantes produziram um vídeo do movimento de queda de uma bola de tênis de mesa por uma altura de 30 cm, obtendo um gráfico de Velocidade x tempo. A atuação da aceleração da gravidade em corpos de massas diferentes foi investigada por meio dos movimentos de queda e lançamento vertical para cima, de duas caixas de fósforo de tamanhos diferentes conectadas por barbante e de uma garrafa de água com uma abertura inferior. Os estudantes também assistiram ao vídeo da rede BBC que reproduz o experimento de Galileu da queda de uma bola de boliche e de penas caindo no ar e no vácuo. Por meio da página *Phet Colorado* utilizando a simulação Laboratório de Força Gravitacional os estudantes analisaram os parâmetros da Lei de Gravitação Universal. Ao final dessa etapa os estudantes foram provocados a responder à questão de levantada por George Gamow em seu livro *Gravidade*: - Qual é o movimento de um corpo solto em buraco que atravessa a superfície da Terra de um hemisfério a outro? Os estudantes foram introduzidos à atuação da força gravitacional em fenômenos astronômicos por meio de vídeos informativos de divulgação científica do YouTube. O fenômeno das Lentes Gravitacionais foi apresentado e estudado utilizando-se o vídeo do Canal USP da série *Fascinio do Universo* episódio 5. O fenômeno das Ondas Gravitacionais foram debatidos a partir do vídeo. As ondas gravitacionais previstas por Einstein e confirmadas 100 anos depois do canal BBC News Brasil. O último dos fenômenos analisado foram os buracos negros, em que se utilizou o vídeo *Buracos Negros e seus Mistérios* do canal Telescópio Gigante de Magalhães - GMT Brasil.

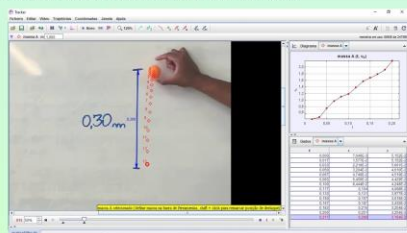


Figura 1: vídeo analise do movimento de queda de uma bola de tênis de mesa.

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir de alguns ajustes no Tracker foram obtidos os dados da linearização para o gráfico de Velocidade x tempo para o movimento de queda da bola de tênis de mesa. Os estudantes encontraram o valor de aceleração da gravidade de  $g = (9,34 \pm 0,05) \text{ m/s}^2$ . Os experimentos de queda dos corpos foram suficientes para que os estudantes verificassem a atuação da aceleração da gravidade em corpos com diferentes massas, em baixas alturas e com a resistência do ar. O vídeo da BBC que demonstra a reprodução do experimento de Galileu serviu como comprovação de que a aceleração da gravidade atua de forma igual em corpos de massas diferentes. Os alunos puderam verificar que livre da ação da resistência do ar corpos de massas diferentes sofrem a mesma ação da aceleração da gravidade caindo e chegando ao solo simultaneamente. A utilização da simulação Laboratório de Força Gravitacional possibilitou os estudantes entender as relações de proporcionalidade envolvidas entre os valores das massas dos corpos juntamente com a distância entre as massas sobre a intensidade da força gravitacional. Assim, foi possível chegar à expressão da Lei de Gravitação Universal:  $F_G = G \frac{M_1 M_2}{d^2}$ . A visualização da solução do problema proposto por

George Gamow, utilizando uma animação feita no *Algodo* permitiu um maior entendimento da força gravitacional e sua ação à distância. A exibição e discussão dos vídeos de divulgação científica sobre os fenômenos das Lentes Gravitacionais, Buracos Negros e Ondas Gravitacionais possibilitaram aos estudantes constatar a da força gravitacional. Verificando assim a abrangência da Lei de Gravitação Universal e as conexões entre as teorias desenvolvidas pelos cientistas e o comportamento da natureza.

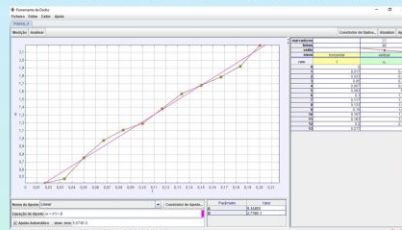


Figura 2: gráfico de Velocidade x tempo do movimento de queda da bola de tênis de mesa obtido pela vídeo analise



Figura 3: Experimento de queda das caixas de fósforo comprovando que a aceleração da gravidade atua da mesma forma em corpos de massas diferentes.

#### CONCLUSÃO

A pesquisa possibilitou que os estudantes realizassem um estudo temático amplo sobre a gravidade. Eles realizaram um experimento para determinação da aceleração da gravidade e a atuação da aceleração da gravidade sobre os corpos de massas diferentes em queda, as previsões teóricas da literatura foram confirmadas com aproximação considerável. Essa etapa da investigação foi eficaz para que os estudantes pudessem diferenciar aceleração da gravidade de força gravitacional e peso de massa. A influência dos parâmetros envolvidos na Lei de Gravitação Universal foi constatada nas simulações computacionais, em que os estudantes comprovaram a baixa intensidade da força gravitacional para pequenos valores de massa. Por fim, por meio dos vídeos de divulgação científica os estudantes estabeleceram uma relação entre os fenômenos de lentes gravitacionais, buracos negros, ondas gravitacionais e a força gravitacional comprovando a sua relevância para grandes valores de massa e dimensões astronômicas.

#### REFERÊNCIAS

- FEYNMAN, R. P. *Lições de Física*. 2ª. ed. Porto Alegre: Bookman, v. 1, 2008.  
 HEWITT, P. G. *Física Conceitual*. 12ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.  
 GAMOW, G. *Gravity*. 1ª. ed. Garden City: Dover Publications, 2003.  
 PERUZZO, J. *Experimentos de Física Básica: Mecânica*. 1ª. ed.  
 CARVALHO, A. D., *Ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio e a formação de professores*.  
 CARVALHO, A. D. *Ensino de ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula*.  
 BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.  
 TRACKER: *Video Analysis and Modeling 2020*. Disponível em: <https://physlets.org/tracker>  
 AB, A. S. *Algodo*, Umeã, 2009. Disponível em: <https://www.algodo.com/>;  
 BRIAN Cox visits the world's biggest vacuum <<https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEg&t=10s>>  
 Lentes gravitacionais [https://www.youtube.com/watch?v=Cid\\_1Q6masl](https://www.youtube.com/watch?v=Cid_1Q6masl)  
 Ondas gravitacionais <https://www.youtube.com/watch?v=7PngA17bCQU>  
 Buracos negros <https://www.youtube.com/watch?v=GzHs9g3Gco>



Figura 8: Banner de divulgação dos resultados da pesquisa sobre gravidade.



Figura 9: Estudantes realizando a divulgação dos resultados da pesquisa sobre gravidade.

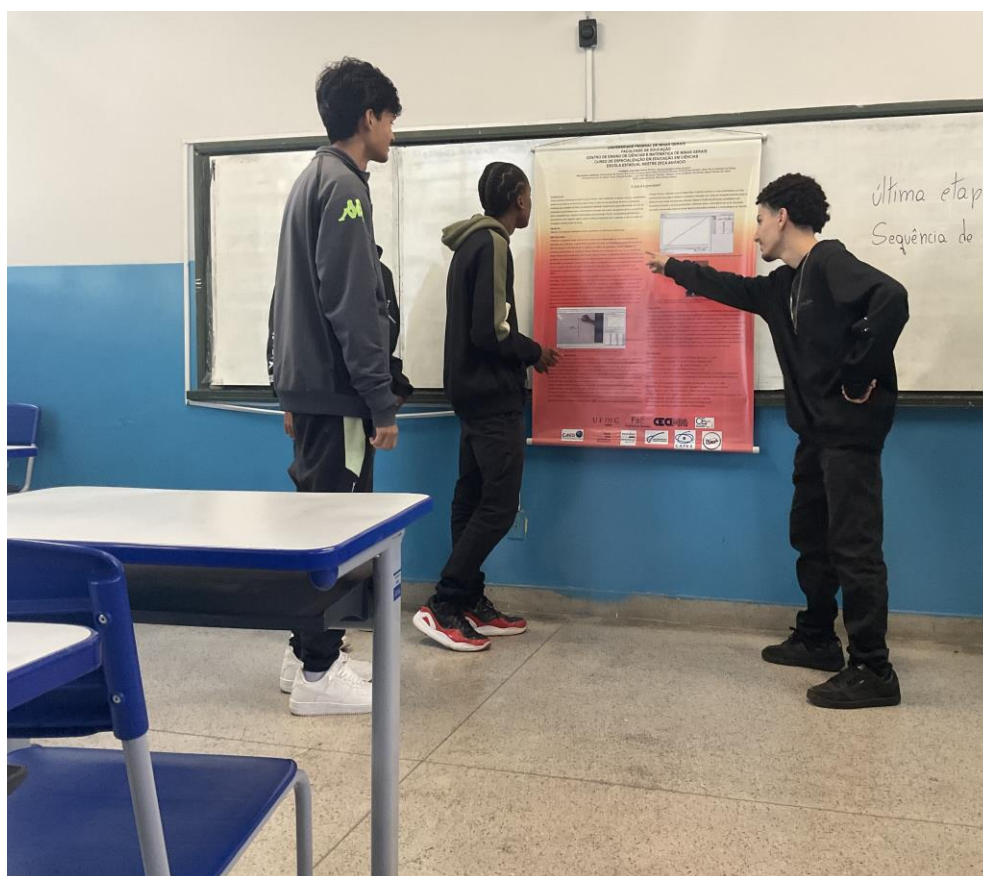


Figura 10: Momento de discussão sobre os resultados divulgados.

## Conclusão

A pesquisa possibilitou aos estudantes realizar um estudo investigativo sobre a gravidade. A realização de procedimentos e etapas típicas do trabalho científico permitiu um novo contato com a ciência. A determinação da aceleração da gravidade local utilizando um experimento de vídeo análise fez com que os estudantes utilizassem um procedimento semelhante aos métodos utilizados pelos físicos. Os experimentos de atuação da aceleração da gravidade sobre os corpos de massas diferentes em queda confirmaram as previsões teóricas da literatura, confirmadas com aproximação considerável. Essa etapa da investigação foi eficaz para que os estudantes pudessem diferenciar aceleração da gravidade de força gravitacional e peso de massa. A influência dos parâmetros envolvidos na Lei de Gravitação Universal foi constatada nas simulações computacionais, em que os estudantes comprovaram a magnitude da força gravitacional. Por fim, por meio dos vídeos de divulgação científica, os estudantes estabeleceram novas atribuições à gravidade relacionada aos fenômenos de lentes gravitacionais, buracos negros e ondas gravitacionais. Finalmente a sequência foi concluída com uma tarefa de comunicação científica, na qual os estudantes trabalharam com os elementos de composição de apresentação dos resultados no formato de um banner. Durante a realização das atividades da sequência didática foi possível verificar que os estudantes demonstraram maior interesse e envolvimento na execução das tarefas típicas de uma pesquisa científica. Esse fato é um sinal que aponta para um aumento na motivação e engajamento dos estudantes no processo de aprendizado.

Os resultados obtidos por essa pesquisa, possibilitaram ao professor verificar o êxito da aplicação de uma sequência didática investigativa para o ensino de conceitos físicos. A prática de ensino do professor foi acrescentada por uma experiência que permite vislumbrar novas formas de abordagem da física. Nesse sentido ocorre a compreensão da necessidade de realização de uma introdução histórica à lei de Coulomb associada à força gravitacional, para o maior entendimento do mecanismo de ação da força elétrica. A constatação de que o maior envolvimento dos estudantes foi um reflexo da maior liberdade intelectual proporcionada pelas atividades da sequência, é um fato que leva o professor à reflexão sobre suas práticas de ensino. Embora, geralmente se verifique maior participação dos estudantes do ensino fundamental durante a aplicação de sequências investigativas quando comparado

com a participação de estudantes do ensino médio em aulas de física com a mesma abordagem, como destacado em pesquisas (CARVALHO, 2018), nesta pesquisa os relatos dos estudantes e suas falas evidenciaram o contrário. Durante a atividade de apresentação dos fenômenos astronômicos houve grande participação dos estudantes com questionamentos interessantes e complexos. Na atividade final de apresentação do banner os relatos foram de que a metodologia foi importante para que os estudantes pudessem entender melhor os diferentes conceitos sobre a gravidade e até a atuação da força elétrica, tópico que estavam estudando nas aulas de física àquela época.

A partir das reflexões do professor da pesquisa de sua própria prática é possível identificar as reais necessidades pedagógicas dos estudantes. A aplicação de novas abordagens de ensino, como a sequência de ensino por investigação, em detrimento de metodologias tradicionais, pode oferecer melhores resultados para o aprendizado dos estudantes. A melhoria da prática de ensino do professor decorre da realização de todos os processos que envolvem a aplicação de abordagens de ensino com as quais ele não está habituado, exigindo uma revisão de sua prática docente e o desenvolvimento de novas habilidades pedagógicas.

## Referências

- BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- CARVALHO, Anna D. **Ensino de ciências por investigação**: Condições para implementação em sala de aula. 1ª. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, Anna M. P. D.; SASSERON, Lúcia H. Ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio e a formação de professores. *Estudos Avançados*. **Estudos Avançados**, São Paulo, n. 94, p. 43 - 55, 2018.
- ÉVORA, Fátima R. R. Natureza e Movimento: um estudo da física e da cosmologia arisotélicas. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, Campinas, v. 15, p. 127-170, Junho 2005. ISSN 1.
- FEYNMAN, Richard P. **Lições de Física**. 2ª. ed. Porto Alegre: Bookman, v. 1, 2008.
- GALILEI, Galileu. **Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano**. São Paulo: Editora 34, 2011.
- GAMOW, George. **Gravity**. 1ª. ed. Garden City: Dover Publications , 2003.
- HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. 12ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

MOREIRA, Marco A. O professor-pesquisador como instrumento de melhoria do ensino de ciências. **Em Aberto**, Brasília, n. 7, p. 43-54, out./dez 1988. ISSN 40.

MOREIRA, Marco A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 32, Dezembro 2018. ISSN 94.

MOREIRA, Marco A. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 43, 2021. ISSN e20200451.

PEDUZZI, Luiz O. Q. Evolução dos Conceitos da Física textos. Força e movimento: de Thales a Galileu. **História da Ciência e Ensino**. Disponível em: <https://evolucaodosconceitos.wixsite.com/historia-da-ciencia>. Acesso em: 23 Maio 2021.

SAMPAIO, José L.; CALÇADA, Caio S. **Universo da Física 1**. 2ª. ed. São Paulo: Atual, 2005.

SOLINO, Ana P.; FERRAZ, Tadeu A.; SASSERON, Lúcia H. **Ensino por investigação como abordagem didática**: desenvolvimento de práticas científicas escolares. XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2015. Uberlândia: [s.n.]. 2015.

TRIPP, David. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005. ISSN <https://doi.org/10.1590/S1517-97022005000300009>.

## Anexos

### Anexo 1 : Imagens usadas na 1ª. Etapa

Observe as imagens

Você consegue identificar as imagens?

O que essas imagens têm em comum?

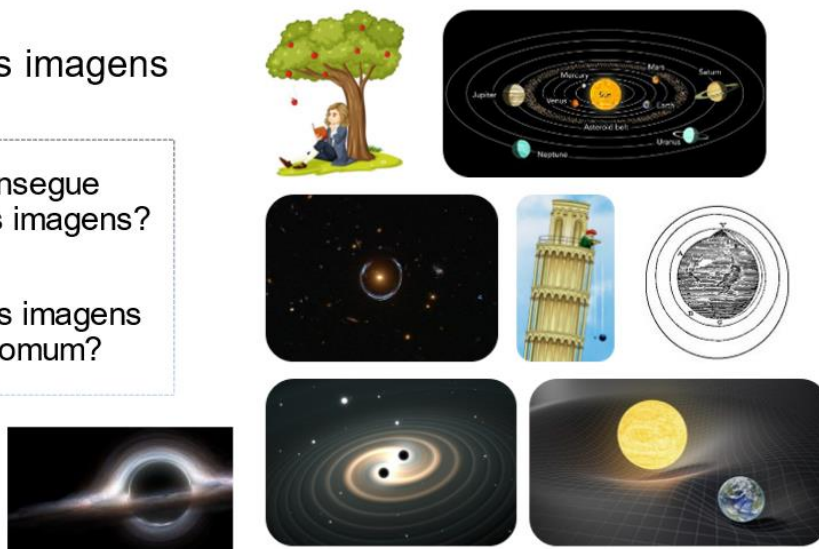


Figura 11: slide de introdução à sequência didática investigativa.

## INVESTIGANDO A GRAVIDADE

O que vocês sabem?	O que gostariam de saber?
Registre o que vocês já sabem ou conhecem sobre a gravidade.	Escreva quais são as dúvidas que vocês possuem sobre a gravidade e que gostariam de entender

Figura 12: último slide da primeira etapa de problematização da gravidade.

Anexo 2 Instrumento para a coleta de dados

### ATIVIDADE INVESTIGATIVA FATORES QUE ALTERAM O VALOR DA FORÇA GRAVITACIONAL – Phet

Aluno: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

#### Como a gravidade atua sobre os objetos?

Jéssica e Emília estavam aprendendo sobre as forças da natureza na escola. Aprenderam que uma força era um empurrão ou um puxão. Emília perguntou se a gravidade era uma força. Sabia que quando deixava cair seu livro, ele caía até o chão. Jéssica sabia que a Lua tinha menos gravidade do que a Terra, mas não sabia por que.

Julgue as afirmações a seguir em v (verdadeira) ou f (falsa):

- ( ) a gravidade depende do material dos objetos
- ( ) a gravidade não é uma força porque não pode mover objetos
- ( ) a gravidade não é uma força porque uma força é um puxão ou um empurrão
- ( ) a Lua tem menos gravidade que a Terra porque tem menos massa do que a Terra
- ( ) a Lua tem menos gravidade que a Terra porque não tem atmosfera

#### Informação de contexto:

**Variável** Uma variável é qualquer fator que se pode trocar ou modificar

**Variável independente** algo que muda de valor

**Variable dependente** algo que só muda de valor se a variável independente mudar

INSTRUÇÕES: Abra a simulação [Laboratório de Força Gravitacional](#) do site web de PhET

1. Familiarize-se com a simulação movendo as figuras para frente e para trás, trocando a massa das esferas.
2. Circule as diferentes variáveis que se podem encontrar nesta simulação.

**Distância entre figuras**  
**Força**  
**Força das figuras**

**Massa das esferas**  
**Tamanho das figuras**  
**Tamanho da fita métrica**

3. O que você acha que o tamanho das setas no topo de cada esfera representa?
4. Escolha uma variável para manipular (a variável independente). Resuma o que mudou e o que aconteceu na tabela a seguir:

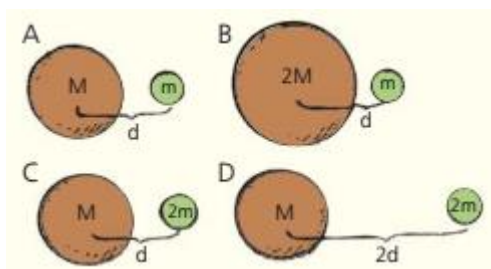
Variável Manipulada (Independente)	Variável Dependente

5. Altere uma variável diferente e resuma o que acontece na tabela a seguir:

Variável Manipulada (Independente)	Variable Dependente

INSTRUÇÕES: Abra a simulação [Meu Sistema Solar](#) do site web de PhET

- 6 - Um planeta e sua lua se atraem gravitacionalmente. Ordene em sequência decrescente as forças atrativas entre cada par de corpos celestes mostrados na figura.



7 - Considere a luz proveniente de múltiplas chamas de velas, todas de mesmo brilho. Ordene de maneira decrescente os valores das luzes que chegam a seus olhos para as seguintes situações.

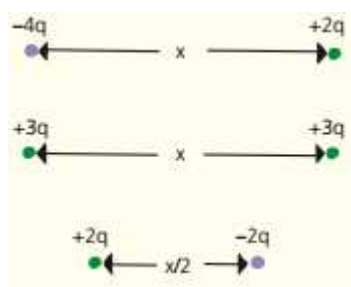
- Três velas vistas a uma distância de 3 m.
- Duas velas vistas a uma distância de 2 m.
- Uma vela vista a uma distância de 1 m.

INSTRUÇÕES: Abra a simulação [Lei de Coulumb](#) do site web de PhET

8 - Duas cargas puntiformes, cada qual carregada com 0,1 C, se encontram a 0,1 m de distância uma da outra. Dado que  $k = 9.0.10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$  (a constante de proporcionalidade da lei de Coulomb), mostre que a força entre essas cargas vale  $9.0 \cdot 10^9 \text{ N}$ .

9 - No problema anterior, encontre a força entre as cargas quando elas estiverem duas vezes mais afastadas uma da outra.

10 - Na figura, são representados três pares separados de cargas puntiformes. Considere que as cargas de cada par interajam apenas uma com a outra. Ordene os pares em sequência decrescente de acordo com o módulo da força entre os pares de carga.



11 - Qual é a relação de intensidade existente entre a força gravitacional e a força elétrica?

12 - Ordene em sequência decrescente as forças gravitacionais médias entre

- o Sol e Marte
- o Sol e a Lua
- o Sol e a Terra