



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

Whagnon Oliveira Ferraz

Orientador:
Prof. Dr. Valmir Henrique de Araújo

Vitória da Conquista
Dezembro de 2020



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

Whagnon Oliveira Ferraz

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia como parte das exigências do Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) para a 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

F431p

Ferraz, Whagnon Oliveira.

A ponte para a ciência moderna: experimentos pedagógicos com respeito a Aristóteles e Galileu. / Whagnon Oliveira Ferraz, 2020.

97f. il.

Orientador (a): Dr. Valmir Henrique de Araújo.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós Graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Vitória da Conquista, 2020.

Inclui referência F. 97.

1. Ensino de física. 2. Queda de corpos. 3. Aristóteles. 4. Galileu. I. Araújo, Valmir Henrique de. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF. III. T.

CDD 530

Catálogo na fonte: **Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890**
Bibliotecária UESB – Campus Vitória da Conquista - BA



ATA DE BANCA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos cinco dias do mês de fevereiro de 2021, às 8h00, através de plataforma virtual, instalou-se a Banca Examinadora para avaliação da dissertação intitulada “*A ponte para a ciência moderna – experimentos pedagógicos com respeito a Aristóteles e Galileu*”, de autoria de Whagnon Oliveira Ferraz, discente do Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. A banca examinadora foi presidida pelo professor Dr. Valmir Henrique de Araújo, orientador do mestrando e contou com a participação dos professores Dr. Luizdarcy de Matos Castro e Dr. Joabson Guimarães da Silva, na condição de examinadores; tendo sido APROVADA. Entretanto, para que o respectivo título possa ser concedido, com as prerrogativas legais dele advindas, o exemplar definitivo da referida dissertação deverá ser entregue(enviada), na(para) secretaria do mestrado, em um prazo máximo de 60 (sessenta) dias, com as alterações e/ou correções sugeridas pelos membros da banca, para que possa ser homologado pelas instâncias competentes da UESB.



Documento assinado eletronicamente por **Joabson Guimarães da Silva, Usuário Externo**, em 05/02/2021, às 10:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luizdarcy de Matos Castro, Professor Titular**, em 05/02/2021, às 10:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por **Valmir Henrique de Araújo, Professor**, em 05/02/2021, às 10:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cristina Porto Gonçalves, Professor Titular**, em 05/02/2021, às 10:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por **Whagnon Oliveira Ferraz, Usuário**



Externo, em 05/02/2021, às 10:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://seibahia.ba.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **00026907774** e o código CRC **652D0E0F**.

Referência: Processo nº 072.7467.2021.0002941-75

SEI nº 00026907774



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF
Área de concentração: Ensino de Física



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

AUTOR(A): WHAGNON OLIVEIRA FERRAZ

DATA DE APROVAÇÃO: 05 DE FEVEREIRO DE 2021

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em convênio com a Sociedade Brasileira de Física - SBF, como requisito para a 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.

Área de concentração: Ensino de Física.

COMISSÃO JULGADORA


Prof. Dr. Valmir Henrique de Araújo
Presidente da Banca Examinadora/Orientador


Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro
Examinador interno


Prof. Dr. Joabson Guimarães da Silva
Examinador externo

2021



Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB
Estrada do Bem Querer Km, 04, Vitória da Conquista - BA
CEP: 45031-300



Dedico este trabalho a toda minha família, em especial minha esposa SÉfhora e minhas filhas Nicole e Ana Valentina e meus pais, Rilvano e Nazária que me proporcionaram condições para que eu pudesse chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me amparar nos momentos difíceis, livrando-me da morte, dando força interior para superar as dificuldades, mostrando os caminhos nas horas incertas e me suprindo em todas as minhas necessidades.

A minha família, em especial minha esposa Sêfhora e minhas filhas Nicole e Ana Valentina que sempre estiveram ao meu lado desde o início dessa jornada.

Aos professores do mestrado que me possibilitaram descobrir novas possibilidades para o ensino de Física.

Aos meus colegas e amigos do mestrado, por todos os momentos que passamos juntos durante todo o período de aulas e atividades, em especial meu amigo Carlos Henrique.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa durante todo o período de realização desse mestrado e a SBF (Sociedade Brasileira de Física) pelo suporte e gestão do MNPEF (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física).

Agradeço, especialmente, ao meu orientador Prof. Dr. Valmir Henrique de Araújo, que me convidou para trabalhar com ele durante o II Colóquio do MNPEF e justificou o convite: “Você tem força e luz que vai fazer você atravessar pontes na vida que nem imaginaria. E uma dela é você mesmo”! E daí por diante me incentivou a construir essa ponte e uma delas eu lhes apresento.

RESUMO

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

Whagnon Oliveira Ferraz

Orientador:
Prof. Dr. Valmir Henrique de Araújo

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

O desafio do ensino de Física para os professores é trazer essa disciplina para mais perto do cotidiano dos alunos, apresentando as aplicações da mesma de forma prática. Nesse sentido, esta pesquisa investiga a percepção dos alunos acerca da Lei da queda dos corpos, que é uma das experiências fundantes da ciência moderna. Com a finalidade de embasar esse estudo e as experiências práticas a serem aplicadas aos alunos, realizou-se, primeiramente, um levantamento de artigos e dissertações de Mestrado referentes ao tema “Queda dos Corpos” publicados no Caderno Brasileiro de Ensino de Física – CBEF, na Revista Brasileira de Ensino de Física – RBEF, na Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências – RBPEC e no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF. Em seguida, as estratégias metodológicas utilizadas foram questionários, textos impressos, vídeos, roteiros e experimentos didáticos sobre as concepções de Aristóteles e Galileu em relação ao mesmo tema. As supracitadas atividades foram realizadas com estudantes de uma turma do 1º Ano do Ensino Médio, do Centro Integrado de Educação Navarro de Brito (CIENB) para perceber a que resultado chegam. Após a realização das atividades, os resultados demonstraram que os alunos foram capazes de discutir a queda dos corpos, diferenciando as teorias de Aristóteles e Galileu.

Palavras-chave: Aristóteles. Ensino de Física. Galileu. Queda de Corpos.

Vitória da Conquista
Dezembro de 2020

ABSTRACT

THE BRIDGE TO MODERN SCIENCE: PEDAGOGICAL EXPERIMENTS WITH RESPECT TO ARISTOTLE AND GALILEO

Whagnon Oliveira Ferraz

Advisor:

Prof. Dr. Valmir Henrique de Araújo

Master's Dissertation submitted to the Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física of Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, in partial fulfillment of the requirements to obtain the Master's Degree in Physics Teaching.

The challenge faced by teachers when teaching Physics is to bring it closer to the students' reality, presenting applications in a practical way. Thus, this research investigates the perception of students on the Law of falling bodies, one of the fundamental experiences of modern science. In order to support this study and the experiments applied to the students, a survey of articles and dissertations about "Falling Bodies" published on the Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Revista Brasileira de Ensino de Física, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, and on the Mestrado Nacional Profissional do Ensino de Física, was carried out first. Then, the methodological strategies used were questionnaires, texts, videos, scripts, and didactics experiments on the conceptions of Aristotle and Galileo concerning the main topic. The aforementioned activities were carried out with students from the first year of high school, from the Centro Integrado de Educação Navarro de Brito, to understand the results they reached. After performing the experiment, the results show that the students were able to discuss the falling bodies, distinguishing between the theories from Aristotle and Galileo.

Keywords: Aristotle. Physics teaching. Galileo. Falling bodies.

Vitória da Conquista
December de 2020

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Teoria aristotélica dos quatro elementos e dos lugares naturais	39
Figura 2 - Resposta do Aluno A à questão 1(aula 1)	60
Figura 3 - Resposta do Aluno B à questão 1(aula1)	60
Figura 4 - Resposta do Aluno C à questão 2(aula 1)	61
Figura 5 - Resposta do Aluno C à parte "b" da questão 2 (aula 1)	61
Figura 6 - Resposta do Aluno D à parte "c" da questão 2 (aula 1)	61
Figura 7 - Alunos realizando o experimento 1 (bola de isopor e bola de sinuca)	62
Figura 8 - Resposta do Aluno E às 3 questões do Experimento 1 (aulas 2 e 3)	62
Figura 9 - Resposta do Aluno C à questão 3 do Experimento 2 (aulas 2 e 3)	63
Figura 10 - Aluno realizando o experimento 2 (folha e caderno)	63
Figura 11 - Resposta do Aluno F à questão 2 (aula 5)	65
Figura 12 - Aluno realizando o experimento 3 (duas folhas)	65
Figura 13 - Resposta do Aluno G à questão 4 (aulas 6 e 7)	66
Figura 14 - Aluno realizando o experimento 4 (maquete)	67
Figura 15 - Resposta do Aluno H à primeira questão do Questionário final	68
Figura 16 - Resposta do Aluno I à primeira questão do Questionário final	68
Figura 17 - Resposta do Aluno J à segunda questão do Questionário final	68
Figura 18 - Resposta do Aluno L às questões 2 e 3 do Questionário final	69
Figura 19 - Resposta do Aluno M à questão 4 do Questionário final	69
Figura 20 - Resposta do Aluno N à questão 5 do Questionário final	69

Sumário

Capítulo 1 Introdução	13
1.1 Contextualização	13
1.2 A questão norteadora da pesquisa	15
1.3 Hipótese	15
1.4 Objetivos	15
1.4.1 Objetivo Geral	15
1.4.2 Objetivos Específicos	16
1.5 Apresentação dos capítulos	16
Capítulo 2 Estado da Arte	17
Capítulo 3 Fundamentação Teórica	27
3.1 O ensino das ciências no Ensino médio	27
3.2 O ensino de Física no Ensino Médio	33
3.3 Breve histórico sobre o estudo da queda dos corpos	38
3.3.1 A queda dos corpos na concepção aristotélica	38
3.3.2 A queda dos corpos na concepção de Galileu	40
3.4 Concepções da queda dos corpos na Física	43
3.4.1 Queda livre	43
3.4.2 Equações Diferenciais de 1ª Ordem	44
3.5 Queda livre a partir das equações diferenciais	45
3.5.1 Lançamento para cima	45
3.5.2 Lançamento para baixo	48
3.6 Queda livre e a resistência do ar a partir de equações diferenciais	48
Capítulo 4 Metodologia	50
4.1 Caracterização da pesquisa	50
4.2 Público alvo	50
4.3 Descrição da proposta	51
4.3.1 Problematização inicial: provocações sobre a queda dos corpos	54
4.3.2 Organização do conhecimento	55
4.3.3 Aplicação do conhecimento	56
Capítulo 5 Resultados e discussões	58
Capítulo 6 Considerações Finais	71
Referências	73
Apêndice A – PRODUTO EDUCACIONAL MNPEF POLO 62	77

Capítulo 1

Introdução

Ao considerar a necessidade e importância de tornar o ensino da Física mais atraente, propomos, nesse trabalho, uma maneira de aproximar a aula de Física do dia a dia do aluno, trazendo-o a participar de situações reais e concretas, a partir da interação e da realização de experimentos. Esta pesquisa trata da experiência reconhecida como realizada por Galileu, que é considerada fundante da ciência moderna. A singularidade está no fato de ser o primeiro fenômeno da natureza que foi observado programadamente e a partir do qual foi elaborada uma equação matemática.

Buscou-se desenvolver as atividades utilizando as concepções de movimento de Aristóteles e de Galileu sobre o que se denomina de queda dos corpos. As atividades foram distribuídas em “Momentos” e desenvolvidas com uma turma de 1º ano do Ensino Médio do Centro Integrado de Educação Navarro de Brito (CIENB), no município de Vitória da Conquista, Bahia. As estratégias pedagógicas utilizadas foram: questionários, textos impressos, vídeos, roteiros e experimentos didáticos. Essa proposta foi pensada a partir da dinâmica dos “três momentos pedagógicos”, que se origina na concepção freireana para a educação formal e fundamenta-se na perspectiva adotada por Delizoicov et al (2002) como Abordagem Temática.

1.1 Contextualização

A Física é uma ciência que está presente em quase todas as atividades do nosso cotidiano. Sem ela não conseguiríamos nos mover de um lugar para o outro, andar de carro, ônibus, barco, entre outras atividades. Por esses e outros motivos o ensino da Física é muito importante, uma vez que nos ajuda a explicar e compreender os diversos fenômenos que acontecem ao nosso redor. Além disso, se inscreve no rol das ciências que são vistas pela sociedade com uma certa distância e desconhecimento, justamente pelo modo como são transmitidas no ambiente escolar, como algo separado do cotidiano.

Entretanto, na prática, ensinar a disciplina Física tem sido uma tarefa difícil, pois, em geral, esse ensino ainda se caracteriza pelo excesso de exercícios repetitivos e por problemas resolvidos mecanicamente, isto é, a partir da utilização de uma sucessão de “fórmulas”, muitas vezes decoradas de maneira literal e arbitrária, o que promove um distanciamento

entre o que é ensinado dentro da sala de aula e a diversidade de fenômenos e conceitos físicos que ocorrem no mundo. Desse modo, para a maioria dos alunos, as aulas de Física são monótonas e desestimulantes, suas fórmulas e teorias sempre foram encaradas como algo distante e abstrato. Assim, a Física é vista meramente como uma disciplina que reproduz teorias e exclui tentativas de recriar novos tipos de representações. Essa abordagem dificulta a compreensão e diminui o interesse dos alunos.

A minha relação com a Física não foi diferente da de muitos educandos das redes públicas e particular de ensino no Brasil. Logo que me deparei com a disciplina, no Ensino médio, senti imensa dificuldade em compreender os assuntos, pela forma como eram ensinados pelo professor. Foi apenas no final da educação básica que me vi cativado por uma disciplina que sempre era apresentada de um modo muito similar por todos os professores, com aula expositiva e realização de equações matemáticas. Terminado essa etapa da trajetória escolar, meu próximo contato com a disciplina só ocorreria no ensino superior quando cursava Agronomia, curso no qual permaneci até o sétimo semestre. Desisti do curso de Agronomia, por ter sido aprovado no vestibular de Física, em 2001. O desejo pela realização do concurso surgiu de uma conversa com o professor Jorge Anderson da disciplina de graduação Física Básica I, que na ocasião me dissera que eu deveria ingressar nesse curso, já que era um excelente aluno da referida disciplina.

Só consegui lecionar a disciplina de Física para a educação básica, em 2001, apesar de experiências anteriores na docência em outras disciplinas. Logo após o término da graduação, em 2005, fiz o concurso da Secretaria de Educação do Estado da Bahia – Concurso Público para Provimento de Cargo para Professor nível III e fui aprovado. No desempenho dessa função, sempre me dediquei a diversificar os materiais didáticos para que o processo de ensino/aprendizagem fosse mais completo, mas, algo realmente significativo ocorreu com a chegada do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID em 2014, pois, com o auxílio dos bolsistas (alunos da graduação em Física – UESB), e os professores coordenadores Luizdarcy de Matos Castro e Jorge Anderson Paiva Ramos, começamos a desenvolver com os alunos do CIENB um trabalho com experimentos de baixo custo, além de participações ativas e satisfatórias nas Olimpíadas Brasileiras de Física das escolas Públicas (OBFEP).

Toda essa trajetória e o fato de já ter atuado na docência com outras disciplinas, me levaram a percepção de que era necessário construir para meu cotidiano em sala de aula novos processos de ensino que fossem além do fazer tradicional, em que o professor falava e o aluno

apenas ouvia. Minha intenção era que a participação dos discentes fosse efetiva e, mais que isso, que eles vissem a disciplina de Física enquanto possibilidade de conhecimento tanto quanto as outras disciplinas. Foi nesse sentido que o PIBID contribuiu para minha mudança de visão e de ação. Além disso, estar no programa de pós-graduação e ter a orientação do Professor Valmir Henrique fizeram conhecer a dinâmica dos “três momentos pedagógicos” e toda a história em torno do desenvolvimento dessa metodologia que em muito se inspira na teoria de Paulo Freire.

Além disso, também se faz interessante relatar que as pesquisas para a realização do Projeto de pesquisa, que culminaria no Produto final e na escrita dessa dissertação contribuíram sobremaneira para a percepção de que há um número grande de possibilidades de trabalho dentro da disciplina de Física na Educação básica. O próprio banco de teses e dissertações do MNPEF é valioso locus de pesquisa sobre essa temática, tendo em vista que grande parte dos pós-graduandos se debruça sobre a temática da ressignificação do ensino de Física.

Pelos motivos enumerados acima é que se realizou essa pesquisa em todas as suas etapas, com o enfoque específico no tema da queda dos corpos, mesmo tendo consciência de que os mais diversos assuntos da disciplina também abrem o precedente para a utilização de experimentos, jogos e tantas outras estratégias didáticas.

1.2 A questão norteadora da pesquisa

Qual a concepção dos alunos acerca da queda de corpos?

1.3 Hipótese

O experimento no ensino da física é um elemento fundamental para a formação dos conceitos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

- Conhecer o ponto de vista dos alunos acerca da queda de corpos.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Apresentar a concepção de movimento segundo Aristóteles e Galileu.
- Realizar experimentos de queda de corpos com os alunos.
- Avaliar se houve mudança na concepção dos alunos após a realização dos experimentos.

1.5 Apresentação dos capítulos

Na presente dissertação, além do capítulo da Introdução, encontra-se: Capítulo 2 – Estado da Arte, no qual se apresentou o estado do conhecimento sobre o ensino de Física relacionada a queda dos corpos no banco de dissertações do MNPEF e na base de dados do Scielo; o Capítulo 3 – Fundamentação teórica, em que foi realizada uma discussão sobre o ensino de ciências nas escolas brasileiras, o ensino de Física e suas possibilidades, assim como, uma breve abordagem sobre o tema central do Produto Final, a queda dos corpos; o Capítulo 4 – onde foram apresentadas todas as características dessa pesquisa, bem como, as etapas de seu desenvolvimento baseadas nos “três momentos pedagógicos”; o Capítulo 5 – Resultados e Discussão, que apresenta os resultados do que foi produzido, bem como o seu impacto para a pesquisa em ensino da Física e; Capítulo 6 – Considerações finais, com as contribuições do estudo para o ensino de Física.

Capítulo 2

Estado da Arte

2.1 Propostas para o ensino de Física nas dissertações do MNPEF e no Scielo

Além das dificuldades enfrentadas pelos professores da disciplina de Física, muito tem sido escrito sobre a forma como esses profissionais lecionam as variadas temáticas dessa ciência na sala de aula da educação básica. Desse modo, levando em consideração a temática dessa pesquisa, qual seja, analisar a percepção dos alunos acerca da queda de corpos a partir de experimentos realizados em sala de aula, é interesse dessa pesquisa visualizar o estado da arte que envolve variados pontos sobre a temática. Para tanto, realizamos pesquisa na base de dados Scielo e no banco de dissertações do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

No total, foram encontrados 16 registros referentes ao ensino da Física na educação básica ou oferecendo possibilidades para tanto, sendo 9 artigos na base de dados Scielo e 7 dissertações no banco de dados nacional do MNPEF. A busca no Scielo e no MNPEF ocorreu entre os dias 20 de março a 20 de setembro de 2019. Utilizou-se como descritor a expressão “queda de corpos”, entre aspas, para que a busca filtrasse mais eficazmente as pesquisas. Não foi utilizada uma delimitação temporal. Os Quadros 1 e 2 são ilustrativos desse levantamento:

Quadro 1 – Levantamento dos artigos na base de dados Scielo

Ano	Trabalho	Autor (s)	Revista
2004	Uma análise das concepções dos alunos sobre a queda dos corpos.	Margarete Hülsendeger	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
2007	Corpos no interior de um recipiente fechado e transparente em queda livre.	José Joaquín Lunazzi; Leandro Aparecido N. de Paula	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
2009	A utilização da filmadora digital para o estudo do movimento dos corpos.	B. N. Sismanoglu; J. S. E. Germano, J. Amorim; R. Caetano	Revista Brasileira de Ensino de Física
2010	Determinação de g através da captação do som de impacto de corpos com o solo.	Jucimar Peruzzo	Caderno Brasileiro de Ensino de Física

2012	Simulação de experimentos históricos no ensino de física: uma abordagem computacional das dimensões histórica e empírica da ciência na sala de aula.	Luiz A. Ribeiro Junior; Marcelo F. Cunha; Cássio C. Laranjeiras	Revista Brasileira de Ensino de Física
2013	Física dos anos iniciais: estudo sobre a queda livre dos corpos através da metodologia da mediação dialética.	Pedro Belchior da Silveira Junior; Maria Eliza B. Arnoni	Revista Brasileira de Ensino de Física
2013	A percepção da gravidade na ‘Casa Maluca’ do CDCC/USP: Uma análise à luz de Gaston Bachelard.	Pedro Donizete Colombo Junior; Cibelle C. Silva	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências
2018	Estudo da queda livre em aulas de Física do Ensino Médio a partir de um marcador de tempo e da História da Ciência.	Marco Aurélio A. Monteiro; Samuel José de Carvalho; Isabel Cristina de C. Monteiro; José Lourenço Cindra	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
2018	A queda dos corpos para além do que se vê: contribuições das imagens estroboscópicas e da videoanálise para a alfabetização científica	Marco Adriano Dias; Deise M. Vianna; Paulo Simeão Carvalho.	Revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 2 – Levantamento das dissertações no MNPEF

Ano	Trabalho	Autor (a)	Local
2015	Novas abordagens para o ensino de física no ensino médio: construção de projetos experimentais com materiais de baixo custo	José Maria Sombra Júnior	Mossoró/RN
2016	Aceleração gravitacional: uma proposta de abordagem com objetivo de viabilizar sua aprendizagem significativa.	André da C. Martins	Maringá/PR
2018	O baú de Galileu: textos literários de temática	Ébano Henrique da S. Rizério	Vitória da Conquista/BA

	científica na abordagem aspectos da mecânica relacionados à queda dos corpos.		
2018	<i>Game card</i> em uma perspectiva de ensino de física por investigação na educação de jovens e adultos.	Vinícius Santana Pedreira	Vitória da Conquista/BA
2018	Simulação python em sequência didática no auxílio do ensino de queda livre.	Antonio Tadeu Rodrigues	Rio Branco/AC
2018	Proposta didática diferenciada para o estudo de queda livre	Leandro Ribeiro Araújo	Campos dos Goytacazes/RJ
2019	O ensino da queda dos corpos no período Galileu-Newton: contribuições das abordagens internalista e externalista da história da ciência	Ênio Ricardo Lôbo Pereira	Vitória da Conquista/BA

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

O artigo de Hülsendeger (2004), intitulado “Uma análise das concepções dos alunos sobre a queda dos corpos”, baseado em sua dissertação de mestrado na PUCRS, realizou um paralelo entre as concepções de alunos do 2º ano do Ensino Médio sobre a queda de corpos, a partir de atividades que desenvolviam não somente a discussão sobre a temática, mas também a experimentação que surgiam durante os encontros. Ressaltando que para a realização dos experimentos a autora fez uso de material reciclado que foram realizadas pelos alunos em grupo e no final entregavam um relatório. Para que pudesse perceber as dificuldades e os caminhos percorridos pelos discentes durante a prática, Hülsendeger (2004) criou uma espécie de diário de campo onde anotava tudo o que era pertinente a sua pesquisa. Enquanto referencial teórico, utilizou basicamente fontes com enfoque no ensino de física e o ensino da ciência na educação básica, tais como: Zylbersztajn (1983), com seu texto “Concepções espontâneas em Física: exemplos em Dinâmica e implicações para o ensino”, Koyré (1991) em “Estudo da História do Pensamento Científico”, entre outros. Como conclusão, o autor percebeu que incentivar os alunos a desenvolver seus próprios caminhos para chegar a solução do problema é um método eficaz de ensino/aprendizagem, apesar da resistência por parte dos próprios estudantes:

O trabalho, no entanto, também tinha como intenção propiciar situações que visassem auxiliar o aluno a pensar e a chegar sozinho a conclusões. Porém, houve, no início do trabalho, o aparecimento de certa resistência a essa proposta de maior autonomia, pois fui constantemente chamada para confirmar respostas e observações que estavam sendo feitas pelos grupos. Essa situação aparece claramente na avaliação final de um dos grupos, quando, apesar de elogiarem o trabalho, pedem que a professora retome o assunto (HÜLSENDGER, 2004, p. 388).

O texto de Lunazzi e De Paula (2007) também contribui para a diversificação dos materiais didáticos e modos de ensinar a Física na educação básica, tendo em vista que reproduz de forma simplificada uma das mais importantes experiências da mecânica. Criando sua própria versão, demonstraram a queda de corpos a partir da inserção de uma pedra e uma pena em uma garrafa transparente fechada. Tal experiência pode facilmente ser realizada pelos alunos e professores e em qualquer ambiente, sem a necessidade de materiais muito sofisticados para a criação do experimento. Os autores também explicaram o método que desenvolveram, comparando-o com o que foi realizado por Galileu no século XVI.

Para a construção do artigo de Sismanoglu et al (2009), o qual também tem como temática a queda dos corpos, os pesquisadores utilizaram a câmera filmadora como um dos principais instrumentos dos dois experimentos relatados de queda livre, quais sejam, de uma corrente de elos e de uma configuração catenária da corrente com uma das extremidades fixa (*bungee jump*). Tais experimentações, apesar de simples, revelam importantes conceitos físicos e o uso da câmera favorece a compreensão de tais conceitos, “pois ajuda a esclarecer dúvidas do experimento, visto que o movimento é bastante rápido, permite a aquisição de dados de maneira precisa e torna o experimento bastante atraente para o aluno”. E ainda “a análise quadro a quadro do movimento revela manifestações do experimento que a princípio não se poderia facilmente perceber” (SISMANOGLU et al, 2009, p. 1501-7).

No artigo “Determinação de g através da captação do som de impacto de corpos com o solo”, Peruzzo (2010) realizou um experimento cujo objetivo principal foi determinar o valor da aceleração da gravidade a partir da queda de um corpo e seu impacto com o solo. Utilizou, para tanto, 12 esferas metálicas do mesmo tamanho, 5 pedaços de fio de 50 cm cada, 1 pedaço de fio com os respectivos comprimentos específicos (10 cm, 30 cm, 50 cm, 70 cm e 90 cm), 1 microcomputador com microfone e o software Audacity¹. O autor informa que os materiais são de fácil obtenção e a realização do experimento como um todo é simples,

¹ Software livre de edição digital de áudio que permite editar, gravar, importar e exportar diversos formatos diferentes de arquivos de áudio.

podendo ser interessante seu uso no ensino de física para dinamização do cotidiano da sala de aula.

Em Ribeiro Júnior et al (2012) utilizou-se de simulações computacionais de experimentos históricos enquanto estratégia de resgate e articulação das dimensões histórica e empírica da ciência em uma sala de aula de ensino médio. Os pesquisadores, com o intuito de esclarecer para os alunos as muitas dúvidas que surgem com relação à temática da queda de corpos, utilizaram uma simulação computacional, a partir do software *Modellus*², da experiência do plano inclinado que foi retirada da obra “Discursos e Demonstrações Matemáticas em torno de Duas Novas Ciências” (1638), de Galileu Galilei (1564-1642). Os autores justificaram a opção por esse experimento e pela relação com os fatos históricos pelo fato de que além de contribuírem com a diversificação do aparato didático em sala e aula a partir da implementação das SDIs ou Simulações Didáticas Interativas, ainda resgata a dimensão histórica da ciência, articulando-a com a prática.

Já Silveira Júnior e Arnoni (2013) fazem uma crítica ao ensino tradicional e progressista que é utilizado na escola até os dias atuais e propõem como alternativa a Metodologia da Mediação Dialética (MMD), a partir de quatro etapas, a saber: *resgatando*, *problematizando*, *sistematizando* e *produzindo*. Seguindo esse método e aplicando-o ao conteúdo da física, os autores propuseram uma aula sobre a temática da queda dos corpos e realizaram um experimento acompanhado de questionários para envolver e avaliar o quanto os alunos conseguiram compreender sobre a temática em estudo. Enquanto conclusão, os pesquisadores perceberam que a referida metodologia permite aos alunos a oportunidade de desenvolverem suas próprias sínteses com relação à temática apresentada, o que se observa claramente na fase *produzindo*.

Em outra abordagem sobre a queda dos corpos, Colombo Júnior e Silva (2013) acompanharam mais de 300 alunos do ensino médio nas visitas à Casa Maluca³ do Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC) da USP, em que todas as visitas foram gravadas e serviram para elaboração de um questionário e entrevista semiestruturada, para que se pudesse perceber a compreensão dos visitantes da Casa Maluca sobre as variadas sensações, sobretudo relacionadas à força gravitacional. O trabalho foi proveitoso, tendo em vista que

² Software destinado ao ensino e aprendizagem da Física e áreas afins, desenvolvido por um grupo de pesquisadores da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

³ A Casa Maluca é parte de uma série de experimentos interativos localizado na área externa do CDCC/USP, com piso e paredes inclinados com ângulos de 15° em relação ao referencial externo. Em seu interior os visitantes experimentam alterações na percepção de alguns fenômenos do cotidiano relacionados com equilíbrio, sensações visuais e força gravitacional.

os autores perceberam um auxílio ao trabalho do professor com os alunos, “visto que a maioria dos professores durante a visita mencionaram não terem trabalhado previamente com os alunos o conceito gravidade” e, logo após a visita, “os alunos naturalmente começaram a perceber algumas manifestações da gravidade que normalmente passam despercebidas no cotidiano” (p. 133-134). Além disso, é perceptível a dinamização do processo de ensino e aprendizagem que proporciona uma aula de campo.

Com foco em aulas do ensino médio e em atividades experimentais, Monteiro et al (2018) propuseram a relação entre a teoria e o empírico para encontrar noções sobre a queda dos corpos, com a construção simples e de baixo custo de um marcador de tempo que pode propiciar aos alunos, além da vivência da prática experimental, o desenvolvimento de habilidades e competências procedimentais, como também questões desencadeadoras de discussões baseadas em fatos registrados pela História da Ciência, o que permitiu pensar sobre o planejamento das atividades, criando possibilidades de reflexões para os próprios alunos. Essa pesquisa evidencia que é possível ressignificar as experiências como foram concebidas pelos autores clássicos, tornando-as acessíveis e informativas ao mesmo tempo em que tiram o foco do livro didático enquanto único material a ser utilizado pelos docentes.

O último artigo encontrado, pretende contribuir para a alfabetização científica com a temática da queda dos corpos, isto porque:

Por ser um assunto clássico nas aulas de Física, quando não é ensinada de forma descritiva com apoio do livro didático acompanhado de uma demonstração prática, a queda dos corpos é ensinada com enfoque experimental no laboratório didático tradicional, caso a instituição de ensino conte com essa estrutura. Assim, quando a queda dos corpos é abordada experimentalmente no laboratório tradicional, os roteiros fechados adotados para as práticas demandam pouco esforço cognitivo dos alunos, ficando estes com o papel de confirmar modelos preconcebidos a partir de experimentos reproduzidos em equipamentos industrializados, com pouca interação entre si e pouca reflexão sobre a própria prática científica (DIAS et al, 2018, p. 3).

O intuito foi oferecer uma alternativa àquela aula tradicional, com o uso de vídeo, imagens estroboscópicas e videoanálise para o ensino do movimento de queda de diferentes esferas na sala de aula, contribuindo para o ensino por investigação e baseado na observação sistemática do que foi realizado e a partir dos recursos supracitados. O que se faz interessante destacar nesse estudo, entretanto, é a percepção que os autores têm com relação a já citada alfabetização científica, pois, ao analisar as falas dos alunos a partir dos vídeos percebem que

o conjunto de metodologias que elegeram foi fundamental para o estudo da ciência de forma desmistificada, ou seja, em que há uma certa resistência por parte dos alunos no momento da aprendizagem e, por parte dos docentes, poucas possibilidades de tornar mais prazerosa as experiências dos discentes com o estudo da Física.

No que diz respeito às dissertações, oito foram encontradas no banco de dados do MNPEF, como já ressaltado. Dessas, podemos destacar a de Sombra Júnior (2015), em que o autor apresentou experimentos de baixo custo sobre a queda dos corpos para facilitar o ensino de Física no ensino médio. Entretanto, antes de apresentar os experimentos, o autor discorreu sobre como se dá o ensino de Física no Brasil, fazendo uma relação entre os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e a formação do professor de Física, assim como apresentou a importância dos experimentos no ensino dessa disciplina, que não pode estar amparado apenas na leitura do livro didático. Para os experimentos, desenvolveu-se um painel elétrico com resistores em série e em paralelo, interruptores em paralelo, conhecido como *Three Way* e o funcionamento de uma fotocélula, cujo custo para a montagem foi de R\$ 70,00 e um experimento para estimar o valor da aceleração gravitacional local e a velocidade da esfera no instante em que ela toca o sensor que desativa o cronômetro. O autor concluiu, principalmente, que a abordagem experimental é fundamental para o processo de ensino/aprendizagem no estudo da Física para o Ensino médio, bem como, acredita na proveitosa relação entre a teoria e a prática.

Para o estudo de Martins (2016) visualiza-se a elaboração de uma pesquisa sobre a aceleração gravitacional baseada na teoria cognitivista ausubeliana, na qual se admite que o aluno assimila um conteúdo novo de forma significativa quando este novo conteúdo está ligado a alguma informação já existente em sua estrutura cognitiva. Ao propor a realização de um experimento com pêndulo para verificação da aceleração gravitacional, Martins (2016) sugere que o conteúdo seja introduzido a partir de questões do cotidiano dos alunos, para que o discente consiga relacionar os conceitos novos da aceleração gravitacional no que já existe em suas memórias, modificando-os para uma compreensão mais significativa do que é apresentado em sala de aula.

A pesquisa de Rizério (2018) contempla o tema da queda de corpos a partir do uso de textos literários com temática científica por conta da potencialidade de contribuir de forma positiva com o processo de aprendizagem dos conteúdos de Física para alunos do ensino médio. Diante disso, um dos objetivos principais da pesquisa foi defender a ideia de que arte e ciência podem se aproximar para unificar saberes. A proposta, portanto, foi a de uma

sequência didática que envolvia a leitura e discussão dos textos, realização de experimentos mentais presentes nesses textos, execução real dos experimentos mentais e posterior escrita de um novo texto literário a partir dos conhecimentos obtidos com as atividades. O autor salienta os resultados sobre a Sequência Didática que desenvolveu em seu produto educacional:

Após a realização da pesquisa podemos notar a efetiva aprendizagem alcançada pelos estudantes ao: realizar leituras, dialogar entre si, escrever suas concepções, implementar experimentos mentais e criação do produto artístico literário. Tudo isso promoveu um ambiente favorável à aprendizagem e permitiu-lhes uma maior capacidade de análise crítica da natureza e possibilitaram a aproximação da Física de suas vivências devido ao envolvimento construído com o objeto de estudo (RIZÉRIO, 2018, p. 57).

Vale ressaltar, com essas conclusões, que a ludicidade e a literatura podem sim estar inseridas em disciplinas como a Física, isto porque, ao apresentar os textos aos grupos de alunos, que estavam dentro do que o pesquisador/professor chamou de “Baú de Galileu”, percebe-se que esse foi um dos pontos-chave para que os alunos se interessassem a ter uma participação ativa no momento da aula.

Outra pesquisa que propõe a utilização de elementos lúdicos enquanto mediadores do processo de ensino e aprendizagem é a de Pedreira (2018), em que uma experiência de aprendizagem com a temática queda de corpos é realizada por meio de um jogo pedagógico, intitulado de Física Estanha pelo pesquisador. Um dos diferenciais dessa pesquisa é que Pedreira (2018) voltou seus estudos para a Educação de Jovens e Adultos (EJA), modalidade de ensino em que os estudantes estão fora do ensino escolar há muito tempo, o que representa um grande desafio ao professor.

Assim, foi criado um jogo de cartas com “pequenas histórias curiosas, reais e/ou lendas, envolvendo conceitos da Física ou da História da Física” (PEDREIRA, 2018, p. 40), cujo objetivo principal é familiarizar os educandos com conceitos de Física. Enquanto conclusão, ficou perceptível para o pesquisador que a interatividade das aulas em que o *game card* foi utilizado era muito maior do que em aula apenas expositivas, pois, como a literatura já vem demonstrando, a ludicidade aproxima os discentes de todo o processo que envolve o ensino, permitindo que possa construir uma aprendizagem autônoma.

Já na pesquisa de Rodrigues (2018) verifica-se que, além de propor um material didático a mais para o ensino em sala de aula, sua intenção era transformar a distração dos

jovens com a tecnologia dos celulares e computadores, que muitas vezes perdem sua função pedagógica na sala de informática. Desse modo, o objetivo geral da pesquisa foi sugerir o uso de uma “simulação da aceleração em queda livre através de um código escrito na linguagem de programação Python⁴ numa sequência didática, e assim, elaborar um material potencialmente significativo” (RODRIGUES, 2018, p. 15). Foi preciso antes averiguar, por meio de questionário, o conhecimento dos estudantes a respeito do tema a ser estudado – Cinemática –, bem como criar um material significativo a partir dos dados obtidos.

A conclusão apresentou potencialidade na utilização da simulação computacional, isto porque os experimentos de queda livre são muito rápidos e podem passar despercebidos pelos espectadores, ao passo que a simulação pode ser repetida verificando-se todos as fases do fenômeno, aumentando a percepção e o aprendizado dos alunos no estudo do fenômeno. Por fim, esse produto educacional se mostrou propenso a uma aprendizagem significativa quando o pesquisador realizou outra verificação sobre o conhecimento dos alunos após seu uso.

Araújo (2018), por sua vez, construiu uma proposta didática para o estudo de queda livre que se baseou no chamado modelo de ensino e aprendizagem por investigação, apresentado por Gil Perez, no qual se valoriza o trabalho em equipe, participação dos alunos, experimentação, entre outros aspectos. A escolha do tema fica a critério do professor, pois, o que merece mais destaque nessa proposta é visualizar a atitude dos alunos com relação ao estudo da ciência, ao uso dos experimentos. A proposta, ao verificar as variáveis afetivas do ensino de Física a partir da temática da queda dos corpos, abrange as múltiplas dimensões do que pode motivar os alunos, pois possui várias fases dentro de uma mesma atividade, nas quais o aluno é sempre o principal agente de produção do seu conhecimento.

Já Pereira (2019), em sua prática pedagógica enquanto professor de Física na educação básica, ao perceber que o ensino dessa disciplina está amplamente associado a uma metodologia tradicional que não favorece a interação entre o ensino da ciência e o cotidiano, apresentou uma Sequência Didática sobre a história da ciência no ensino de Física, a partir do tema queda de corpos, por meio das abordagens internalista e externalista. O ponto-chave dessa investigação está justamente no fato de tornar o ensino de Física mais interessante ao

⁴ Python é uma linguagem de programação criada com objetivos de possuir mais produtividade e legibilidade que as outras. Essa linguagem foi criada para produzir um código bom e fácil de manter de maneira rápida. O Python pode ser usado em pequenos projetos on-line e off-line e também para construir aplicativos.

demonstrar que a ciência é uma construção humana e que a História da Ciência é fundamental para a percepção dos aspectos sociais do conhecimento científico.

Ao analisar todas essas pesquisas, ficou perceptível que a intenção principal foi oferecer possibilidades para que o ensino de Física na educação básica pudesse superar a ideia de aula expositiva e focada no livro didático enquanto único material disponível, uma vez que se percebe que a interação dos educandos nesse tipo de abordagem é reduzida. Ao inserir elementos como os experimentos e que explorem a ludicidade, o docente pode dinamizar a aula, além de obter uma maior participação dos alunos. No texto intitulado “Ensino não experimental de uma Ciência experimental: um problema cultural brasileiro”, Elia (1985) explica que a opção pela aula expositiva e pelo pouco uso da experimentação possui raízes nas práticas culturais brasileiras:

[...] o ensino experimental tem sido marginalizado em nossos sistemas educacionais, não por causa de alguns fatores determinantes, mas sim, porque esta modalidade de ensino não tem tradição ou raízes em nosso meio cultural. Vivemos em uma sociedade em que os membros parecem preferir o discurso à evidência. Consequentemente, dentro do contexto de ensino de ciências desta sociedade e com raras exceções, o ensino experimental tem sido marginalizado e o ensino teórico – calcado em discurso – tem predominado (ELIA, 1985, p. 91).

Nesse contexto, Moreira (2017) acrescenta que o ensino da Física para o século XXI deve ser centrado no aluno e no desenvolvimento de competências científicas que o levem a argumentar, se comunicar e conseguir validar suas proposições, tanto no que diz respeito aos conteúdos clássicos quanto aos contemporâneos, fazendo uso de elementos que fazem parte de seu cotidiano, como as tecnologias. Assim como de aspectos epistemológicos, históricos, sociais, culturais, que não podem estar dissociados do ensino/aprendizagem.

Capítulo 3

Fundamentação Teórica

3.1 O ensino das ciências no Ensino médio

O conhecimento pode ser adquirido de várias formas e faz parte da vida humana, seja qual for o contexto, época ou civilização. Pode ser original ou a renovação de algo já existente, no entanto, nasce das experiências acumuladas ao longo da vida cotidiana, das trocas de experiências, relacionamentos interpessoais e das variadas leituras que fazemos dos signos e símbolos disponíveis. É uma característica eminentemente humana, ainda que outros animais esbocem algum tipo de inteligência. Os seres humanos são os únicos capazes de aplicar o que se aprende e transformar o conhecimento adquirido de forma criativa, produzindo coisas que melhorem a vida no planeta, em todos os aspectos. A criação desses mecanismos de sobrevivência permite pensar, ordenar e prever os fenômenos que nos cercam.

Segundo apontam os estudos sobre essa dimensão da experiência humana, existem quatro tipos de conhecimentos, o conhecimento empírico ou popular ou senso-comum, o conhecimento teológico, o conhecimento científico e o conhecimento filosófico. Ao levantar discussões sobre o conhecimento científico, Lakatos e Marconi (2003) nos informam que ciência é tida como factual, exatamente por lidar com fatos e ocorrências passíveis de comprovação, pois as hipóteses e proposições têm sua veracidade ou falsidade comprovadas pela experimentação e não apenas pela razão.

As autoras defendem também a ideia de ciência como sendo algo necessário de comprovação, que precisa de método a partir da sistematização de ideias acerca de algum fenômeno que se quer comprovar. Assim utilizam o conceito de Trujillo Ferrari, o qual aponta: “A ciência é todo um conjunto de atitudes e atividades racionais, dirigidas ao sistemático conhecimento com objeto limitado, capaz de ser submetido à verificação” (FERRARI *apud* LAKATOS e MARCONI, 2003, p. 80). Dizendo ainda que a ciência tem subdivisões, podendo ser naturais ou sociais e que há a necessidade de um método para que se alcance o objetivo de estudo. A ciência é um conhecimento sobre um conjunto lógico em torno de um fenômeno que se quer estudar, é pautada em uma lógica racional, sistemática, exata, verificável e, portanto, falível.

A ciência visa explicar os fenômenos. Para isso, observa, analisa, levanta hipóteses e as verifica pela experimentação, induzindo, assim, a lei que vai ser sucessivamente colocada num contexto mais amplo, por meio da teoria. Trata-se de operações que se desenvolvem num clima de objetividade e neutralidade (RAMPAZZO, 2005, p. 40).

A nova ciência constitui-se, portanto, sobretudo graças à utilização de um novo método, de uma nova lógica metodológica. Método novo que, afastando todos os elementos potencialmente subjetivos e pondo entre parêntesis o sujeito, onde radica a fonte de toda a variabilidade, atenderá apenas aos aspectos constantes e às regularidades do fenômeno. Dito de outro modo, método novo que se centrará na busca da objetividade fenomênica (LAKATOS; MARCONI, 2003, p. 80).

Em contrapartida e socialmente colocado diretamente oposto ao conhecimento científico ou a ciência, está o que se chama de senso comum ou conhecimento popular, que acabou ocupando lugar no dualismo existente entre o saber que se pode comprovar e que é fruto de estudos e experimentações e aquele advindo de experiências cotidianas e que não necessitam de embasamento teórico. Lakatos e Marconi (2003, p. 78), por exemplo, conceituam:

O conhecimento popular é valorativo por excelência, pois se fundamenta numa seleção operada com base em estados de ânimo e emoções: como o conhecimento implica uma dualidade de realidades, isto é, de um lado o sujeito cognoscente e, de outro, o objeto conhecido, e este é possuído, de certa forma, pelo cognoscente, os valores do sujeito impregnam o objeto conhecido [...] Em outras palavras, não permite a formulação de hipóteses sobre a existência de fenômenos situados além das percepções objetivas.

Pode-se dizer ainda que além de ser sensitivo e conformar-se com a aparência, sendo superficial e subjetivo, pois há uma organização particular das experiências e, por conseguinte, do conhecimento adquirido com elas, é assimétrico por não necessitar de sistematização ou validação das ideias e não se manifesta de forma crítica. Evidentemente, foi necessária a separação entre esses dois conhecimentos e cada um merece ser diferenciado levando em consideração suas contribuições para a vida humana, no entanto, um acaba prevalecendo sobre o outro e assumindo o caráter de saber formal.

Tendo em vista essa discussão sobre conhecimento científico e conhecimento popular, percebemos que em muito impregnou o fazer escolar, ao passo que este não valoriza saberes anteriores e que não se pretendem formais. Assim, uma parte importante da reformulação curricular proposta, não só para o ensino médio, mas para educação em geral

seria exatamente o oposto do caminho percorrido até então, pois desde muito tempo os teóricos da educação defendem a ideia de valorização das vivências dos alunos como forma de construção do conhecimento emancipador, levando em consideração que todo aprendizado tem um objetivo, qual seja a transformação do meio em que se vive para o bem-estar individual e coletivo.

O estudo da ciência sempre esteve muito presente nos centros acadêmicos e distante da população em geral, que sequer pode avaliar e participar de decisões sobre o desenvolvimento científico do país por puro desconhecimento, ou questionar os impactos da evolução da ciência em sua vida (PINHEIRO et al, 2007). Pinheiro et al (2017) defendem a ideia de que a informação é fundamental para que se possa assumir uma postura a favor ou contra os produtos da ciência que são criados, a princípio, em benefício da sociedade, ou seja, a ideia é que as pessoas não sejam apenas consumidores passivos, mas que possam opinar sobre as verdades absolutas da ciência de forma a perceber que elas não são definitivas e tampouco neutras.

Segundo aponta Krasilchik (2000), em finais do século XX surgiu a necessidade de incorporação na escola das noções de ciência para que os alunos pudessem ter conhecimento sobre a seu significado e importância social, desse modo, os cursos deveriam então ser orientados para a ideia de formação de cidadãos conscientes e participativos. É o que ocorreu também quando a educação brasileira passou a ser identificada a partir da problematização “escola para todos”, na qual o então governo federal inseriu a noção de alfabetização científica.

A autora traz a discussão ainda o movimento “Ciência para todos” que viria a fortalecer a relação entre ensino das ciências e experiência dos estudantes, bem como, a debates sobre cultura, religião, etnia, ética, etc., a partir das transformações a que a ciência submete as sociedades e como estas lidam com o conhecimento científico, ou seja, fazer refletir sobre os limites da ciência, quais os pressupostos éticos e se seu avanço deve existir a todo custo. São problemas a serem debatidos e que não necessariamente precisem acontecer em laboratórios ou apenas por quem supostamente detém os saberes científicos.

Diante disso, os pressupostos sobre ciência concebidos no currículo escolar devem respeitar também o enfoque dado aos interesses sociais, buscando a compreensão das implicações sociais do conhecimento científico, amparado inclusive em um caráter interdisciplinar. Vale dizer que há uma necessidade de trabalhar conhecimentos que busquem atender as necessidades de contribuição com o senso questionador e crítico dos alunos.

É importante salientar ainda que várias são as possibilidades quando se pensa o estudo das ciências dessa forma, pois além de poder estar ligado a natureza, por exemplo, outros conhecimentos como o de Geografia, História ou Matemática podem auxiliar nessa perspectiva de ensino cidadão. Há aí uma proposta implícita de superação da velha ideia de que somente disciplinas como química, física ou biologia tratem sobre ciência, pois do ponto de vista educativo, todos os conhecimentos contribuem na formação de uma sociedade mais justa.

Levando em conta que o ensino escolar deve estar pautado na inter-relação entre educação, homem e sociedade, pode-se fazer uma pertinente aproximação entre a educação e o estudo da Ciências naturais e seus diversos momentos na história. Essa premissa serve para destacar a história do ensino das ciências na sociedade brasileira e como elas se relacionaram.

Um momento importante a ser destacada é após o golpe militar de 1964. Naquele momento, o sistema educacional sofreu maciça influência dos Estados Unidos e passou a prevalecer em solo brasileiro a educação tecnicista. “Passaram a ser relevantes os conteúdos de ensino derivados da ciência objetiva em detrimento daqueles eivados de subjetividade (VEIGA, 1978 apud BORGES; LIMA, 2007, p. 167)”. O ensino nesse período, ao ser caracterizado como tecnicista, também possuía um caráter profissionalizante, em que o teórico e o descritivo eram privilegiados.

Podemos afirmar que nas escolas de ensino médio, assim como ocorre nas escolas de ensino fundamental, embora tenha havido uma nítida mudança nos tópicos que fazem parte dos programas, o mesmo não ocorreu de forma a propiciar aos alunos a oportunidade de participar no processo de pesquisa científica (KRASILCHIK, 2008, p. 16).

Os anos de 1980 podem se caracterizar pela grande quantidade de correntes educacionais sobre o estudo das ciências e todas elas tendiam a defender a superação das práticas acima assinaladas e a priorização de uma educação que promovesse emancipação, que permitisse ao aluno autonomia com relação à produção de conhecimento e a apropriação do mesmo (KRASILCHIK, 2008).

Ao longo dos anos, vários órgãos foram criados para atender as exigências dessa sociedade em processo de redemocratização. Mais adiante, em 1998, surgiram os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que vinham a compatibilizar com as ideias propostas pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB). Apesar de os próprios PCNs afirmarem em seu

texto que não eram documentos definitivos ou homogeneizadores, eles sofreram muitas críticas por parte dos profissionais da educação que se preocupavam, principalmente, com essa característica de homogeneização.

Assim, os extensos conteúdos dos livros didáticos e a exigência de que se decore fórmulas sem saber a real função de se realizar tantos cálculos e a maneira como são trabalhados em sala de aula, geralmente levam o aluno a se desinteressar pelos temas trabalhados por precisar decorá-los, visando apenas a aprovação para a série seguinte. Os assuntos deveriam possibilitar a argumentação, valorizar os questionamentos, além de envolver os alunos em ações que desenvolvam a pesquisa e a construção e reconstrução do conhecimento, induzindo a reflexão e a interpretação autônoma. Corroboram essa assertiva Delizoicov et al (2002), pesquisadores que se debruçaram sob os estudos do ensino da ciência na escola:

O estudo de conceitos da área de ciências, quando envolve situações que dizem respeito à saúde dos alunos, aos seus hábitos de lazer, as suas experiências de trabalho, ou ainda, à sua explicação sobre fenômenos da natureza, torna-os mais motivados para aprendizagens de caráter científico, ampliando sua visão de mundo e colaborando para a modificação de hábitos capazes de melhorar sua qualidade de vida (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2002, p. 172).

Podemos observar que a prática escolar está muito distanciada do aluno, cheio de informações que não facilitam a dinâmica do conhecimento e que, de forma alguma, privilegiam sua aplicabilidade no cotidiano. Como vimos, os conteúdos de biologia privilegiam assuntos relacionados ao meio ambiente, ao corpo humano e ainda noções de química e física. Tudo isso é absolutamente relacionado ao meio social e o professor educador que proporciona tal relação entre o ensino e a prática desenvolve seu trabalho com competência.

A supracitada crise não envolve apenas as disciplinas de humanas, mas o ensino das ciências também está comprometido, mesmo quando podemos verificar o enorme avanço do conhecimento científico. O ensino nessa área pode ser caracterizado como fragmentado, factual, já construído, imutável, permeado por memorização e que não leva os estudantes a compreender qual o significado dessa ciência para a sociedade, quais suas limitações e seu potencial de ação sobre as transformações sociais.

As alternativas a esse tipo de ensino criticado acima vêm sendo apresentadas há alguns anos, apesar de seu impacto ser muito pouco percebido nas salas de aula, por conta de

alguns entraves como a formação do professor na graduação e pós-graduações que não favorecem a relação entre pesquisa em ciência e a prática docente, conforme apontam Arthur e Terrazan (2018). Esses autores ainda esclarecem que a aula dinamizada necessita de uma participação extremamente ativa, não só do aluno, mas também do professor, que nesses momentos será o mediador entre a relação do estudante com as informações fornecidas pelas fontes estudadas.

Não se quer dizer com isso que é fácil modificar essa prática utilizada durante longo tempo. Muitos professores alegam que há uma dificuldade em variar a metodologia de alguns conteúdos, impossibilitando dinamizar a aula e até mesmo fazer com que os alunos compreendam suas diversas dimensões. Isso se dá, na maioria das vezes, por conta da obrigação que os docentes têm com o conteúdo programático, que pode ou não ser criado por eles. Tais mudanças de paradigma no ensino das ciências, conforme Matthews (1995, p. 165):

[...] podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral da matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do “mar de falta de significação” que se diz ter inundado as salas de aulas de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam.

A partir dessas considerações, os temas ensinados exigem aulas práticas e vivenciadas, que farão com que os alunos assumam uma atitude científica, que está intimamente vinculada ao modo como se constrói o conhecimento. Além de ajudar no desenvolvimento de conhecimentos científicos, as aulas práticas permitem que os estudantes aprendam como abordar objetivamente o seu mundo e como desenvolver soluções para problemas complexos.

Os experimentos, realizados nas aulas, podem ajudá-los a compreender os fenômenos e podem ser reproduzidos e se tornam viáveis com poucos recursos, valorizando a pedagogia do ensinar e aprender. Ao incluir ações como manejar materiais específicos, desenvolver tarefas, identificar o problema, estabelecer objetivos e hipóteses, relacionar a prática com os fundamentos teóricos, no intuito de analisar os resultados e escrever conclusões, oportuniza o desenvolvimento de habilidades motoras, bem como a participação, a socialização, a crítica, a argumentação, o debate, a autonomia e a abstração do aluno (SOUSA SOBRINHO, 2009, p. 22).

Além disso, o trabalho prático de experimentação também pode auxiliar como ferramenta ao professor no momento de construir com os alunos novas visões sobre um mesmo tema. As atividades práticas proporcionam o espaço ideal para que o aluno seja agente de seu próprio conhecimento, é nesse momento que ele vai intervir dando opiniões e apresentando possíveis soluções, ao mesmo tempo em que se percebe inserido no processo de ensino/aprendizagem e como capacitado a modificar seu meio aplicando os conhecimentos que ele próprio ajudou a construir.

É impossível pensar em educação sem que a escola também esteja envolvida no processo educacional, por isso, a reflexão deste trabalho visa chamar atenção para a unificação entre teoria e prática. Além das propostas apresentadas aqui que podem auxiliar o fazer dos professores outras tantas estão disponíveis em vários documentos e estudos. Mas, o que vale ressaltar, e o que deve ser mais importante é a real aprendizagem dos alunos para os quais a educação é direcionada. O objetivo, assim, não é dar respostas prontas e acabadas e sim encarar os problemas e aprender a solucioná-los.

Com o rápido avanço da ciência na sociedade, o ensino de Física, objeto desse estudo, se faz imprescindível para a formação cidadã. De acordo com o que vimos e das leituras para a realização deste texto, pode-se dizer que uma das mais importantes é o auxílio ao pensamento lógico dos alunos no momento de solucionar questões práticas do cotidiano. Assim, podemos apontar que o ensino das ciências tem um papel fundamental na formação do indivíduo crítico, pois transmite a este, informação que o torna capaz de participar dos debates atuais, como também, o prepara para que ele possa relacionar os conteúdos apreendidos com seu cotidiano.

Essa relação entre teoria e prática no ensino dessas disciplinas, fica latente na educação escolar, por conta da mecanização a que foi submetido todo o processo de estudo no ensino médio. A formação completa dos alunos deve, portanto, fundamentar-se na união entre teoria e prática na medida em que aponta para o desenvolvimento completo do indivíduo, propiciando uma visão total da realidade a sua volta, o que permitirá ver criticamente a sociedade. Essa proposta pretende promover a interação entre as problemáticas sociais e a educação, ao passo em que se apoia nas relações que se estabelecem e que promovem pensamento e ação.

3.2 O ensino de Física no Ensino Médio

De acordo com as discussões acerca do ensino das ciências no Ensino médio, é pertinente debater sobre as mesmas questões, agora direcionadas ao ensino da disciplina Física. A partir do que aponta Delizoicov (2001), podemos voltar nossa discussão ao momento de planejamento e execução das aulas, onde os professores são os grandes protagonistas. Nesse contexto, o autor aponta que a atividade da resolução de problemas representa importância fundamental para a Física, tendo em vista que deve ser uma orientação básica, o norteamento fornecido ao aluno para que se aproprie do conhecimento. Obviamente, a palavra problema pode assumir diversos significados, inclusive representar as atividades de uma lista de exercícios, no entanto, outros sentidos devem se articular a este, apontando para “o planejamento e desenvolvimento de atividades que não se resumem aquelas que tradicionalmente balizam as atividades de resolução de problemas” (DELIZOICOV, 2001, p. 1).

Seguindo a argumentação de Delizoicov (2001), que aponta a problematização como a gênese do conhecimento, o docente possui um papel fundamental nesse modelo de trabalho em sala de aula, ao passo que a formulação dos problemas mais adequados vem dele. Isto porque o aluno já chega na aula de Física com conhecimentos prévios sobre os temas da aula e que são fruto de sua interação social, tais como força, luz, átomo. Dito isto, é “necessário obter o conhecimento vulgar do educando e não apenas para saber que ele existe”, ou seja, o conhecimento prévio precisa ser trabalhado ao longo do processo educativo. No dizer de Delizoicov (2001, p. 6):

Em outros termos: é para problematizar o conhecimento já construído pelo aluno que ele deve ser apreendido pelo professor; para aguçar as contradições e localizar as limitações desse conhecimento, quando cotejado com o conhecimento científico, com a finalidade de propiciar um distanciamento crítico do educando ao se defrontar com o conhecimento que ele já possui e, ao mesmo tempo, propiciar a alternativa de apreensão do conhecimento científico.

Esse ponto de vista em que se ensina ciências a partir da problematização ou da resolução de problemas é chamado de Alfabetização científica (LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001). Assim, Sousa e Sasseron (2012) acreditam que o alfabetizado cientificamente não necessita saber de tudo sobre as Ciências, em geral, e sobre a Física, em particular, deve sim ter conhecimentos suficientes para estar ciente de como tais estudos se transformam em adventos para a sociedade, trata-se, portanto, da compreensão do modo como os conhecimentos podem afetar sua vida e a do planeta.

Esse aprofundamento do estudo de Física em uma perspectiva mais abrangente é o que vemos na discussão de Pugliese (2017), em que o autor reflete a respeito da evolução da epistemologia sobre essa ciência, mostrando que ela não evoluiu de forma linear, como vem sendo demonstrado nos textos didáticos e nas aulas que seguem o modelo tradicional, mas a partir de revoluções, crises e mudanças de paradigmas, sobretudo pelo modo como determinada comunidade de físicos observa um fenômeno a partir de seu espaço-tempo, assim como, porque cada indivíduo tem uma visão de mundo peculiar.

Diante disso, é preciso ter em conta que, enquanto um conjunto de ações de uma ciência que vem sendo construída ao longo dos séculos, a Física, não somente em laboratórios do ensino superior, mas como parte da construção real da humanidade que combina contextos políticos e sociais diversos que permitiram a aceitação de certos conceitos e paradigmas num certo momento e de outras teorias em outros períodos. Considerando o ensino de Física a partir dessas constatações, fica patente que a disciplina e seu estudo só existem vinculados a cultura humana, ainda que não seja o que acontece, geralmente, como lembrou Zanetic (1989, p. 145-6):

[...] quando se comenta sobre a cultura, de um modo geral, raramente a Física comparece de imediato na argumentação, ou outra representante das ciências naturais dá o ar de sua graça. Cultura, quando pensada “academicamente” ou com finalidades educacionais, é quase sempre evocação de alguma obra literária, alguma grande sinfonia ou uma pintura famosa; cultura erudita, enfim. Tal cultura traz à mente um quadro de Picasso, uma sinfonia de Beethoven, um livro de Dostoyevsky, enquanto que a cultura popular faz pensar em capoeira, num samba de Noel ou num tango de Gardel. Dificilmente, porém, cultura se liga ao teorema de Godel ou às equações de Maxwell (ZANETIC, 1989, p. 145-146).

O professor de Física que atua na educação básica, quase que exclusivamente no ensino médio no Brasil, tem a função, portanto, de realizar o seu trabalho (enquanto assalariado) ensinando aos jovens o que é esse fazer social, essa tarefa sem fim de investigar a natureza quanto aos seus aspectos físicos, na busca por relações particulares e leis gerais que nos permitem pensar melhor sobre o que somos, de onde viemos e para onde vamos, além de auxiliar no desenvolvimento de novas tecnologias e na melhoria do conforto humano.

Este pensamento é o que vem sendo desenvolvido por pesquisadores que se debruçam sobre a evolução do ensino de Física no Brasil, como é o caso de Angotti (2015) e suas proposições a respeito da relação entre a disciplina e as Tecnologias digitais de Informação

e Comunicação (TDIC) e, antes disso, no livro “Física” (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1991), no qual os autores usam os temas geradores ou uma temática central para promover o ensino de Física. No caso do referido livro, por exemplo:

O desenvolvimento do programa proposto apoia-se em dois eixos. O primeiro eixo, definido pelo natural, será balizado pela radiação solar. O segundo, definido pelo social e tecnológico, será balizado pelas transformações de energia pela natureza e pelo homem. Um tema central que possibilita o tratamento globalizado desses eixos e de suas ramificações é a produção, distribuição e consumo de energia elétrica (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1991, p. 8).

Assim, na primeira Unidade propuseram uma discussão em cinco tópicos sobre as grandezas associadas a dinâmica das partículas. Vejamos o modelo proposto que se enquadra na proposição dos “3 momentos pedagógicos”⁵:

Problematização inicial: questões e situações sugeridas para discussão:
Balança mede massa ou peso? (Escolher uma balança de uso comum).
Corpos em queda caem "para baixo"? E a água da represa também?
(Aguarde as respostas e explore a questão da seguinte forma: esquematize a Terra no quadro e desenhe uma pessoa no hemisfério norte e outra no hemisfério sul. O que significa "para baixo"?).

[...]

Organização do conhecimento: apresente os modelos geocêntrico e heliocêntrico, localizando suas origens e época em que foram formulados. Explore também que o Sol é uma estrela e que não está em repouso, apesar de os planetas orbitarem em torno dela.

[...]

Aplicação do conhecimento: rediscuta as questões da problematização inicial com os alunos (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1991, p. 69-73, grifos do autor).

Vemos que a proposição acima se ampara na perspectiva dos temas geradores desenvolvida pelo educador Paulo Freire, que considera o processo de construção do conhecimento a partir de uma perspectiva dialógica e do tensionamento entre o saber já construído com o saber em processo de construção. O diálogo, nessa proposição, desencadeia o saber já existente, ao mesmo tempo em que possibilita uma discussão problematizadora a partir de diferentes visões de mundo, o que oportuniza a ressignificação das visões de mundo individuais.

⁵ A metodologia dos “3 momentos pedagógicos” será melhor apresentada e definida na seção “Metodologia” dessa pesquisa.

Muito embora existam propostas como essa, que procuram a superação de um ensino tradicional, ainda nos deparamos com duras realidades no ensino de Física, como a já referida precariedade do ensino que persiste, inclusive, nos documentos oficiais, como é o caso da nova Base Nacional Curricular Comum (BNCC), documento normativo de referência obrigatória para a construção curricular das escolas públicas e privadas. Nesse documento, a disciplina de Física se enquadra em Ciências da Natureza, junto com Química e Biologia, e a parte destinada a ela configura-se na apresentação das unidades curriculares: movimentos de objetos e sistemas, energias e suas transformações, processos de comunicação e informação, eletromagnetismo, materiais e equipamentos, matéria e radiação –constituição e interações, terra e universo – formação e evolução.

A maior crítica feita a essa reformulação pretendida pela BNCC é o fato da prevalência de listas de conteúdos tradicionais, que contemplam toda a Física Clássica e, apesar do discurso, o foco não é na construção social e histórica do conhecimento, na diversidade e na interdisciplinaridade, como ocorria no texto dos PCNs. É o que ressaltam Mozena e Ostermann (2016, p. 331):

[...] é importante observar na base a ruptura do diálogo com os PCN, pois a desvinculação entre conteúdo e as outras competências gerais (contextualização, investigação e linguagens) descaracteriza o ensino por competências fundamentado nos PCN, já que neste a finalidade dos conteúdos é o desenvolvimento de competências e habilidades. Tal separação eleva a importância do conteúdo no ensino e aprendizagem, e abre caminho para se reforçar um ensino mais tradicional, cujos conteúdos são tratados como fins em si mesmos.

Logo, fica evidente que o ensino de Física no Brasil passa por avanços e retrocessos, mesmo sendo essa uma disciplina obrigatória nos três anos do Ensino Médio das escolas brasileiras. Um desses retrocessos é a opção por uma aula centrada no discurso em vez da experimentação, tendo em vista que há uma desvinculação entre a forma como se ensina e o modo como se aprende. Os projetos são elaborados a partir de decisões em cadeia, que determinam o que, quando e como ensinar, o último elo da cadeia sendo a aprendizagem, aparentemente necessária e inevitável, por parte do aluno. Para essa visão de ensino não resta outra opção ao aluno senão aprender. Caso isso não ocorra o problema está no último elo da cadeia, que é o aluno. Se ele não aprende é porque tem deficiências de aprendizagem ou de conteúdos que foram ensinados em etapas anteriores.

3.3 Breve histórico sobre o estudo da queda dos corpos

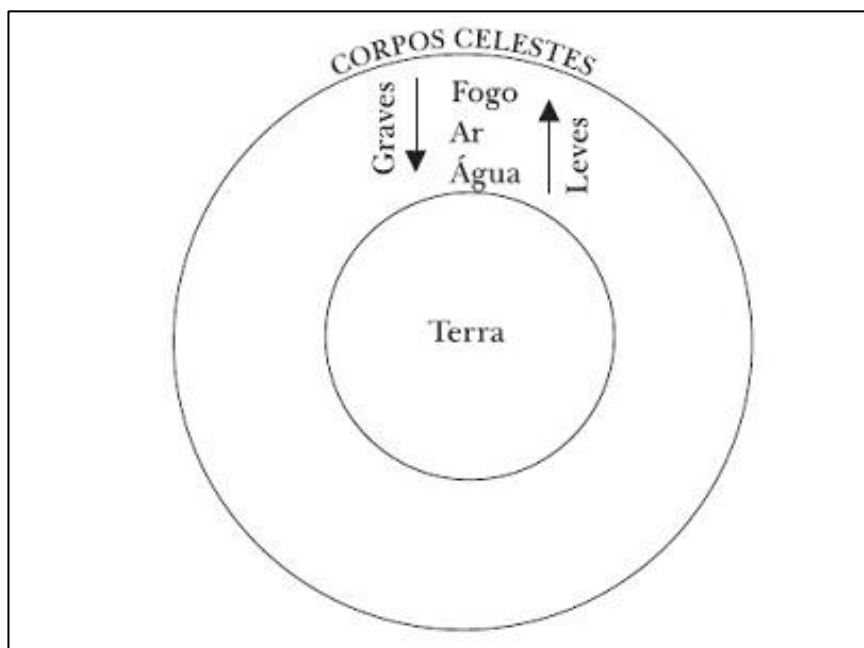
Embora não seja objetivo dessa pesquisa dissertar sobre a história do estudo do movimento de queda dos corpos, é importante ressaltar algumas questões relacionadas a evolução do pensamento na área. Nesse esteio, apresentaremos as contribuições de Aristóteles e Galileu sobre o tema, a partir do que dizem Araújo Filho (2006) e Rocha (2011).

3.3.1 A queda dos corpos na concepção aristotélica

Os primeiros a se preocuparem com o assunto queda dos corpos de forma mais quantitativa foram os filósofos da Grécia Antiga. Dentre eles, Aristóteles, (384-322 a.C.), a quem se pode atribuir a primeira tentativa de registro da compreensão dos movimentos, dividindo-os em duas partes: o movimento natural e o movimento violento. O movimento violento, foi denominado assim pela necessidade de que uma força atuasse sobre o corpo para ele se movimentar. Essa categoria de movimento ocorria, portanto, porque uma causa externa era comunicada ao objeto por meio de forças, após isso, ele permanecia em movimento por conta do ar que se deslocava em sua frente e produzia uma força, ao que Aristóteles chamou de ímpeto (DIAS, 2011).

Já o movimento natural é decorrente da “natureza” do corpo em movimento, ou seja, está ligado aos quatros elementos básicos que formam toda matéria: água, fogo, ar e terra. Desse modo, o corpo que não estiver em seu lugar natural tende a se mover até ele, sempre na direção vertical. Assim, “para um corpo cujo elemento predominante fosse o ar, e ele estivesse fora do ar, seu movimento natural seria de subida” (DIAS, 2011, p. 22). Das categorias de movimentos citadas por Aristóteles a que é importante para o estudo da queda livre é o movimento natural, em específico, o de queda.

Figura 1 - Teoria aristotélica dos quatro elementos e dos lugares naturais



Fonte: Rocha (2011)

Aristóteles observou que alguns objetos na terra são leves e outros pesados, justamente pela quantidade de elementos básicos contidos em cada corpo, isto porque também o estudioso também acreditava que a terra era naturalmente mais pesada, o fogo naturalmente leve, e a água, e o ar intermediário entre os dois extremos. Diante dessas afirmações, se um objeto fosse pesado, seu movimento natural seria para baixo, ao passo que, se fosse leve, subiria em linha reta, a não ser que fosse empurrado pelo vento. Ou seja, a concepção aristotélica admitia que o movimento natural de um corpo era em linha reta, para cima ou para baixo, o que seria determinado pela vertical que passa pelo centro da Terra e pelo observador (ARAÚJO FILHO, 2006).

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. Aristóteles aceitava que o peso do corpo influenciaria na queda de um grave – não só o peso como também a resistência do meio. Para o pensador quanto maior o peso, maior a velocidade de queda, ou mais rápido o corpo chega ao seu lugar natural e quanto maior a resistência do meio menor a velocidade, e mais o corpo demora a “cair”.

Podemos até escrever em forma de equação os resultados das observações de Aristóteles, usando a álgebra atual:

$$\frac{P}{R} = V \quad eq(1)$$

Onde:

P é o peso;

R é a resistência do meio;

V a velocidade.

A mecânica de Aristóteles permaneceu como uma explicação válida durante mais de 2000 anos, pois oferecia explicações próximas do senso comum e também se alinhava com aspectos sociais e religiosos. Nessa época, período denominado de Idade Média (séculos V a XV), a Igreja adotava determinadas teorias como corretas a respeito do mundo e aqueles que tentassem questionar, podiam ser julgados e condenados a diversas penas, inclusive a morte. Demais disso, é importante destacar que a Física aristotélica ficou conhecida como a Física do senso comum, pelo fato de ser a que a maioria acredita e por se guiar pela intuição, motivo pelo qual, até os dias de hoje, as concepções de Aristóteles serem muito comuns entre os estudantes, sobretudo, o pensamento de que há necessidade de uma força sobre o corpo para mantê-lo em movimento, posto que essa construção teórica tão antiga tenha sido embasada no empirismo da vivência humana.

3.3.2 A queda dos corpos na concepção de Galileu

Galileu Galilei (1564-1642), o primeiro físico-matemático da História da Ciência, era um italiano da cidade de Pisa, e o responsável pela total superação de um dos mais difundidos e utilizados dogmas aristotélicos: o de que corpos mais pesados caem mais rapidamente. O estudioso conseguiu tal intento a partir da realização de numerosas e cuidadosas medições, que levaram a conclusão de que o peso dos corpos não teria nenhuma influência sobre a rapidez de suas quedas. Com sua atitude, ocorre uma das mais importantes revoluções científicas de todos os tempos, conhecidas como o nascimento da Ciência Moderna.

Enquanto a ciência medieval colocava as ideias aristotélicas acima de qualquer dúvida, Galileu segue suspeitando delas e fazendo testes para checar se estão de acordo com as evidências experimentais, uma prática quase ou não realizável em seu tempo, uma vez

ainda era muito forte a crença no pensamento platônico de que as ideias predominavam sobre os fatos, estes sim, considerados meras aparências. Por suas ideias tidas como subversivas, Galileu foi obrigado pela própria Igreja a escrever um posfácio para "Duas Novas Ciências"⁶, em que deveria concluir que, apesar da nova ciência (copernicana-galileana) descrever os fatos com grande precisão, a antiga ciência (aristotélica), no entanto, é que era a única verdadeira. A revolução galileana é, assim, sobretudo metodológica e para muitos historiadores Galileu é considerado o criador do método científico.

[...] No início do século XVII, [Galileu] passou a se dedicar intensamente ao estudo do movimento dos corpos. Em 1602, Galileu trocou algumas cartas cujos conteúdos traziam informações sobre um potencial objeto de estudo: o pêndulo. Se a história da Catedral de Pisa⁷ é real ou não, já não importa mais, pois nessa época ele incontestavelmente analisou o movimento pendular como nenhum outro havia feito antes dele. E é provável que desse estudo tenha surgido a ideia de voltar suas atenções para o movimento dos corpos em queda livre, visto que os pêndulos apresentavam uma peculiaridade que poderia mostrar uma falha na física aristotélica: seu movimento independe da massa (CHERMAN; MENDONÇA, 2010, p. 96).

Por mais que houvesse proibição por parte da Igreja diante de novas teorias a respeito da ordem natural, antes das ideias de Galileu, figurava no cenário do período medieval a teoria heliocêntrica do astrônomo polonês Nicolau Copérnico (1473 – 1543), para o qual a Terra não ocuparia um local privilegiado enquanto centro do Universo e giraria ao redor do Sol assim como os outros planetas. De acordo com Copérnico, era o Sol que estaria no centro do universo por ser o astro mais importante. Esses princípios colocavam a Terra, assim como os demais planetas, em uma posição secundária, rompendo, com a doutrina aristotélica assumida pela Igreja.

Não é de se estranhar, portanto, que Galileu tenha sido influenciado pelas ideias de seus contemporâneos e pelo movimento Iluminista da época. Em 1610, com o auxílio de um telescópio, observou manchas e irregularidades no Sol e na Lua, percebendo, também, que Vênus girava em torno do Sol. Tais constatações mostraram-se totalmente opostas as de Aristóteles e muito próximas as de Copérnico.

⁶Livro escrito por Galileu Galilei, publicado em 1638, cujo o título em italiano é *Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno à due nuove scienze*. Nele, o físico lançou as bases para muitas descobertas da ciência moderna.

⁷História comumente contada de que Galileu teria feito experiências com corpos em queda do alto da Torre de Pisa, com a finalidade de averiguar o que ocorria com esses corpos ao atingir o solo.

Galileu também se dedicou ao estudo de fenômenos presentes na Terra, como o caso da queda dos corpos. De acordo com ele, um corpo em queda, no vácuo, tem acréscimos iguais na velocidade em tempos iguais. Isso significa que, se fosse possível retirar o ar, corpos de massas diferentes cairiam ao mesmo tempo, experimentando a mesma aceleração. Para aqueles que acreditavam na teoria aristotélica, Galileu estava equivocado por acreditar na possibilidade de vácuo. Galileu estimou um valor de aceleração de queda em 4 m/s^2 . Atualmente sabe-se que este valor está abaixo do esperado, entretanto, é importante destacar que ele não possuía equipamentos sofisticados para medir o tempo com precisão e que a ordem de grandeza é a mesma da aceleração da gravidade terrestre hoje aceita.

Galileu compreendeu que havia uma relação direta entre o deslocamento vertical (Δh) e tempo (t). Nos dias de hoje, usa-se a relação (1), mostrada abaixo, que representa a função da posição com o tempo para corpos em queda livre (desconsiderando a resistência do ar).

$$h = h_0 + v_0 t + \frac{gt^2}{2} \quad (1)$$

Onde:

h: altura final (m);

h_0 : altura inicial (m);

v_0 : velocidade inicial (m/s);

t: tempo (s);

g: aceleração da gravidade (m/s^2).

Podemos reescrever a relação 1 como uma função do deslocamento em função do tempo, considerando a velocidade inicial igual a zero, resultando, desta forma, na relação 2:

$$\Delta h = \frac{gt^2}{2} \quad (2)$$

Onde:

Δh : deslocamento na vertical (m);

t: tempo (s);

g: aceleração da gravidade (m/s^2);

Ou ainda, podemos reescrever a relação 2 isolando g, resultando, na relação 3:

$$g = \frac{2 \Delta h}{t^2} \quad (3)$$

3.4 Concepções da queda dos corpos na Física

3.4.1 Queda livre

Um dos exemplos mais utilizados para exemplificar um movimento com aceleração constante é o de um corpo caindo na superfície da Terra. Verifica-se que todos os corpos caem com a mesma aceleração ao se desprezar a resistência do ar, em um mesmo ponto da superfície terrestre, qualquer que seja seu tamanho, peso ou composição. Segundo Halliday (1983), se a altura da queda não for muito grande, a aceleração permanece constante ao longo de todo movimento. A este fenômeno descrito anteriormente chamamos de queda livre. Já a aceleração constante que age sobre o corpo que está em queda livre, denominamos de aceleração da gravidade, que é representada pela letra g . Estando próximo a superfície da Terra, o valor de g é, aproximadamente, igual a $9,8 \text{ m/s}^2$.

É importante lembrar que na região em torno da Terra, o campo gravitacional, todos os corpos sofrem influência da força da gravidade. Essa força exercida é denominada de Peso e representada pela letra P . É por conta dessa força, que leva sempre para o centro terrestre, que os corpos caem sobre ela.

Consideremos um corpo lançado para baixo, a partir da posição \mathbf{s}_0 , com uma velocidade inicial \mathbf{v}_0 . A aceleração do movimento é a aceleração da gravidade. Após cair durante um tempo t , como sua aceleração é g , ele terá uma velocidade dada por:

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + g\mathbf{t} \quad (4)$$

e percorrerá uma distância $\Delta \mathbf{s}$ dada por

$$\Delta \mathbf{s} = \mathbf{v}_0 \mathbf{t} + \frac{1}{2} g \mathbf{t}^2 \quad (5)$$

em que $\Delta \mathbf{s} = \mathbf{s} - \mathbf{s}_0$ e \mathbf{s} é a posição do corpo no instante t .

Essas equações também podem ser utilizadas para o movimento de subida, entretanto, é preciso lembrar que o movimento é retardado, ou seja, possui aceleração negativa. Assim, se um corpo é lançado verticalmente para cima, no vácuo, com velocidade inicial de v_0 , a aceleração da gravidade é negativa, pois está ao contrário do sentido positivo da trajetória,

na subida o movimento é uniformemente retardado e a velocidade do corpo quando atinge a altura máxima é zero.

Ainda, se um corpo é lançado verticalmente para baixo, no vácuo, com velocidade inicial de v_0 , a aceleração da gravidade na descida é positiva, pois está no sentido positivo da trajetória. Nessa situação, o movimento é uniformemente acelerado e a velocidade inicial do corpo abandonado é $v_0 = 0$.

3.4.2 Equações Diferenciais de 1ª Ordem

Na abordagem acadêmica do tema Queda dos Corpos, apresenta-se as equações diferenciais de 1ª ordem em dois tipos: as equações separáveis e as equações lineares de 1ª ordem. Uma Equação Diferencial Ordinária (EDO) de ordem n é uma equação da forma $F(t, y, y', y'', y''' \dots, y^{(n)}) = 0$, em que $y = y(t)$ é a função a ser determinada.

Uma equação diferencial de primeira ordem é chamada de separável ou de variáveis separáveis com a forma

$$g(y) \frac{dy}{dx} = f(x) \tag{6}$$

Seja $G(y) = \int g(y)dy$ uma primitiva de $g(y)$. Então, $\frac{dG}{dy} = g$, assim,

$$\frac{d}{dx} G(y(x)) = \frac{dG}{dy} \frac{dy}{dx} = f(x),$$

$$\int \frac{d}{dx} G(y(x)) dx = \int f(x) dx \tag{7}$$

$$G(y(x)) = \int f(x) dx + C$$

Conclui-se, portanto, que y é a solução da equação algébrica

$$G(y) - F(x) = C \tag{8}$$

em que $F(x)$ é uma primitiva de $f(x)$, isto é, $F(x) = \int f(x) dx$

Por sua vez, as equações diferenciais são lineares de 1ª ordem quando são de primeiro grau na variável dependente e em todas as suas derivadas. Possuem a seguinte forma, em que o coeficiente da derivada é 1:

$$\frac{dy}{dt} + p(t)y = q(t) \quad (9)$$

Com o intuito de reduzir a equação acima a uma equação separável, temos

$$\mu(t) = e^{\int p(t)dt} > 0 \quad (10)$$

Esta função é chamada fator integrante da EDO linear de 1ª ordem. Multiplicando a EDO por μ obtemos a seguinte equação equivalente:

$$\mu \frac{dy}{dt} + \mu p y = \mu q \quad (11)$$

Notando que o termo à esquerda da igualdade é a derivada do produto μy encontramos:

$$\frac{d}{dt}(\mu y) = \mu q \quad (12)$$

Por integração:

$$\mu y = \int \mu q dt + c \quad (13)$$

Onde c é a constante que absorve as constantes de integração das duas integrais indefinidas. Portanto, temos a seguinte expressão que é chamada de solução geral

$$y(t) = \frac{\int \mu q dt + c}{\mu(t)} \quad (14)$$

3.5 Queda livre a partir das equações diferenciais

3.5.1 Lançamento para cima

Ainda considerando o que foi dito acima a aceleração em queda livre, se jogarmos uma pedra para cima do topo de um prédio, a aceleração da pedra é a derivada segunda $\frac{d^2s}{dt^2}$. Se assumirmos como positiva a direção para cima e que nenhuma outra força além da gravidade age sobre a pedra, ou seja, se desprezarmos a resistência do ar, obteremos a segunda Lei de Newton:

$$F = ma$$

$$-mg = m \frac{d^2s}{dt^2} \quad (15)$$

ou

$$\frac{d^2s}{dt^2} = -g \quad (16)$$

Explicando de outra maneira, a força líquida é o peso $F = -W$ da pedra próximo à superfície da Terra. Lembre-se de que a magnitude do peso é $W = mg$, onde m é a massa do corpo e g é aceleração devida à gravidade. O sinal negativo foi usado porque o peso da pedra é uma força para baixo, oposta à direção do movimento, a qual é considerada como a direção positiva. Isto quer dizer que o movimento será regido por uma aceleração negativa, pois, mesmo a pedra sendo atirada para cima, a gravidade a puxa para baixo

Se a altura do prédio é s_0 e a velocidade inicial da pedra é v_0 , então s é determinada, com base no problema de valor inicial de segunda ordem:

$$\frac{d^2s}{dt^2} = -g, s(0) = s_0; s'(0) = v_0 \quad (17)$$

A equação poderá ser resolvida integrando-se duas vezes a EDO de segunda ordem acima em relação a t . Este procedimento gera duas constantes de integração que serão determinadas pelas condições iniciais. Podemos reescrever a EDO de segunda ordem

$$\frac{d^2t}{dt^2} = -g \quad (18)$$

como uma EDO separável para a função s'

$$\begin{aligned} \frac{ds'}{dt} &= -g \\ ds' &= -g dt \end{aligned} \quad (19)$$

Daí,

$$\begin{aligned} \int ds' &= -g \int dt \\ s' &= -gt + c_1 \end{aligned} \quad (20)$$

Como $s'(0) = v_0$, temos

$$\mathbf{v}_0 = -\mathbf{g} \cdot \mathbf{0} + \mathbf{c}_1, \quad (21)$$

Isto é, $\mathbf{v}_0 = \mathbf{c}_1$ e então

$$\mathbf{s}' = -\mathbf{g}t + \mathbf{v}_0 \quad (22)$$

Ou

$$\frac{ds}{dt} = -\mathbf{g}t + \mathbf{v}_0 \quad (23)$$

ou ainda

$$ds = (-\mathbf{g}t + \mathbf{v}_0)dt \quad (24)$$

Esta é mais uma EDO separável. Logo,

$$\int ds = \int (-\mathbf{g}t + \mathbf{v}_0)dt \quad (25)$$

nos dá

$$\mathbf{s} = -\frac{1}{2}\mathbf{g} \cdot \mathbf{0}^2 + \mathbf{v}_0 \cdot \mathbf{0} + \mathbf{c}_2 \quad (26)$$

Como $s(0) = s_0$, temos

$$\mathbf{s}_0 = -\frac{1}{2}\mathbf{g} \cdot \mathbf{0}^2 + \mathbf{v}_0 \mathbf{t} + \mathbf{s}_0 \quad (27)$$

isto é, $\mathbf{s}_0 = \mathbf{c}_2$

Portanto, substituindo $\mathbf{s}_0 = \mathbf{c}_2$ em podemos reconhecer a fórmula da física elementar do Ensino Médio:

$$s(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0t + s_0 \quad (28)$$

3.5.2 Lançamento para baixo

Agora, supondo que a pedra seja lançada para baixo, temos:

$$\frac{d^2s}{dt^2} = g \quad (29)$$

Note que o peso atua no sentido do movimento, o que se traduz em uma aceleração positiva g . Desta forma, é conveniente adotar como direção positiva a que aponta para baixo. Repetindo os procedimentos anteriores de resolução de duas equações separáveis (trocando $-g$ por g) vamos encontrar:

$$s = \frac{1}{2}gt^2 + v_0t + c_2 \quad (30)$$

Se para $t = 0$ tivermos $s_0 = 0$, resultará $c_2 = 0$, dando, finalmente:

$$s = \frac{1}{2}gt^2 + v_0t \quad (31)$$

Então, se v_0 é nulo, resta a fórmula já conhecida:

$$s = \frac{1}{2}gt^2 \quad (32)$$

segundo a qual o espaço percorrido em queda livre é proporcional ao quadrado do tempo.

3.6 Queda livre e a resistência do ar a partir de equações diferenciais

O conhecimento atual sobre a queda livre e resistência atual nos diz que os objetos mais pesados em queda livre caem com taxas diferentes dos mais leves, não por conta de seu

peso, mas pela resistência do ar. Sabemos também que, em algumas circunstâncias, um corpo em queda com massa m , como uma pena com baixa densidade e formato irregular, encontra uma resistência do ar proporcional a sua velocidade instantânea v . Nessa situação, considerando a direção positiva a que é orientada para baixo, a força líquida que age sobre a massa será dada por $F = F_1 + F_2 = mg - Kv$, onde o peso $F_1 = mg$ do corpo é a força que age na direção positiva e a resistência do ar $F_2 = -Kv$ é uma força chamada amortecimento viscoso que age na direção oposta ou para cima.

Como v está relacionado com a aceleração a através de $a = \frac{dv}{dt}$, a segunda Lei de Newton torna-se $F = ma = m \cdot \frac{dv}{dt}$. Substituindo a força líquida na Segunda Lei de Newton, obtemos a equação diferencial de primeira ordem para velocidade $v(t)$ do corpo no instante t :

$$m \frac{dv}{dt} = mg - Kv \quad (33)$$

Temos que K é uma constante de proporcionalidade positiva. Se $s(t)$ for a distância do corpo em queda no instante t a partir do ponto inicial, então $v = \frac{ds}{dt}$ e $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$. Em termos de s , é uma equação diferencial de segunda ordem.

$$\begin{aligned} m \frac{dv}{dt} &= mg - Kv \\ m \frac{d^2s}{dt^2} &= mg - K \frac{ds}{dt} \end{aligned} \quad (34)$$

Ou

$$m \frac{d^2s}{dt^2} + K \frac{ds}{dt} = mg \quad (35)$$

Capítulo 4

Metodologia

4.1 Caracterização da pesquisa

Conforme nos apontam Ludke e André (2018, p. 3), a pesquisa está permeada pela carga de valores do pesquisador, que irá refletir em seu trabalho os princípios e interesses que o orientam, “os pressupostos que orientam seu pensamento vão também nortear sua abordagem de pesquisa”. Assim também acontece com o estudo dos fenômenos educacionais que, situados entre as ciências humanas e sociais, sofre influências das duas e de suas transformações. Isto posto, é preciso destacar que não há um modelo específico a se seguir no campo da pesquisa em educação, uma vez que não se trata de um fenômeno físico, que pode ser estudado em laboratório, mas de elementos que vão se sucedendo, muitas vezes de modo inextricável. O papel do pesquisador, nesse contexto, é de “servir como veículo inteligente e ativo entre esse conhecimento construído na área e as novas evidências que serão estabelecidas a partir da pesquisa”, isto porque não é possível uma perfeita separação entre o pesquisador e seu objetivo de estudo (LUDKE; ANDRÉ, 2018, p. 5).

Partindo desses pressupostos, esta pesquisa se caracteriza como pesquisa qualitativa em educação, na medida em que “supõe o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada, via de regra, pelo trabalho intensivo de campo” (LUDKE; ANDRÉ, 2018, p. 12), os dados coletados não tem predominância da descrição das pessoas, das situações e acontecimentos, há interesse do pesquisador em verificar como se manifesta seu problema nas atividades, nos procedimentos e nas interações cotidianas, existe uma tentativa de “capturar” a perspectiva dos participantes e a análise dos dados tende a seguir um processo indutivo.

4.2 Público alvo

A pesquisa foi desenvolvida em uma turma do 1º ano do Ensino Médio do CIENB, escola pública localizada na cidade de Vitória da Conquista, Bahia. A referida turma funciona no turno Noturno e era composta por alunos na faixa etária entre 17 a 22 anos de idade, com exceção de uma aluna de 37 anos.

Dentre as três turmas de 1º ano Noturno do CIENB no ano de 2019, foi escolhido para participar da pesquisa o 1º ano B, pois o horário de aula facilitou a aplicação. Vale ressaltar que esta amostra não representa o universo dos alunos do 1º ano noturno do CIENB, tampouco das escolas públicas de Vitória da Conquista, Bahia.

4.3 Descrição da proposta

Buscou-se desenvolver atividades utilizando as concepções de movimento de Aristóteles e de Galileu sobre o que se denomina de queda dos corpos. As atividades foram distribuídas em “Momentos” e desenvolvidas em 9h/aulas, nos meses de setembro e outubro de 2019. As estratégias pedagógicas utilizadas foram: questionários, textos impressos, vídeos, roteiros e experimentos didáticos. É preciso ressaltar, entretanto, que essa proposta foi pensada a partir da dinâmica dos “três momentos pedagógicos”, que se origina na concepção freireana para a educação formal e fundamenta-se na perspectiva adotada por Delizoicov et al (2002) como Abordagem Temática.

Essa abordagem dos “momentos” abrange as concepções de educação dialógica e problematizadora, propostas por Paulo Freire (2011), desconsiderando os conteúdos programáticos enquanto eixos condutores dos currículos escolares, os quais partem de uma noção tradicional sobre o processo de ensino e aprendizagem e estão distantes das realidades dos educandos. Os “momentos” privilegiam, portanto, a construção de temas que surgem a partir dessas realidades, para que possam ser compreendidos em sua totalidade e não como fatos distantes, alheios ao cotidiano desses educandos, como ocorre na “educação bancária”, termo utilizado por Freire (2011) para designar uma educação que considera os alunos como recipientes vazios, a serem preenchidos pela transmissão de conteúdos memorizados.

[...] a educação se torna um ato de depositar, em que os educandos são os depositários e o educador o depositante [...] Na visão “bancária” da educação, o “saber” é uma doação dos que se julgam sábios aos que se julgam nada saber. Doação que se funda numa das manifestações instrumentais da ideologia da opressão – a absolutização da ignorância, que constitui o que chamamos de alienação da ignorância, segundo a qual esta se encontra sempre no outro (FREIRE, 2005, p. 66-67).

Pensando no ensino de Ciências, por exemplo, a problematização deveria ser sua base de ensino, tendo em vista que é dos problemas que a Ciência se constitui. Assim, sua linha de estruturação curricular pode estar ligada a proposição dos Temas Geradores, desenvolvida

por Freire (2005), na qual o autor assegura que “o tema gerador não se encontra nos homens isolados da realidade, nem tampouco na realidade separados do homem. Só pode ser compreendido nas relações homens-mundo” (FREIRE, 2005, p.98).

É importante destacar que a utilização de temas geradores, como alternativa ao modelo comum de estruturar os planos de curso, permite o rompimento com conteúdos prescritos, essa opção não negligencia os conteúdos tradicionais, mas os organiza por meio da problemática. Oferece estratégias para enfrentar as dificuldades do trabalho docente nas mais variadas modalidades de ensino, permitindo ao professor organizar os conteúdos de acordo com o tempo disponível para ele, bem como, trabalhar com seus alunos e com as informações que os alunos jovens e adultos trazem de sua vivência anterior. E dentre os tantos objetivos, contidos nessa proposta, fazer com que os alunos façam relações entre sua vida individual e sua vida social estabelecendo afinidades entre o convívio mais geral, como sua inserção na sociedade brasileira, por exemplo (FREIRE, 2005, p. 112-113).

Partindo dos pressupostos de Freire, os três momentos pedagógicos, em sua gênese, começaram a ser discutidos em 1975, no Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP), pelo grupo de dois pesquisadores, Luís Carlos Menezes e João Zanetic, e dos alunos Demétrio Delizoicov e José André Angotti que, a partir das discussões perceberam a possibilidade de adaptar a concepção de educação de Paulo Freire ao ensino de ciências na educação formal (ARAÚJO, 2015).

Em momento posterior, os dois alunos tiveram uma experiência educacional em Guiné-Bissau, no Centro de Educação Popular Integrada (CEPI) que já se utilizava dessa metodologia. Vale dizer que o centro foi criado em 1977 e tinha uma educação voltada para o meio rural e também para a formação de professores, e a maior preocupação estava ligada a vinculação dos alunos com seu meio sociocultural (MUENCHEN; DELIZOICOV, 2012).

Conforme caracterizam Muenchen e Delizoicov (2012, p.204), o CEPI trabalhava com o ensino escolar baseado em três momentos:

Estudo da Realidade, Estudo Científico e Trabalho Prático. O Estudo da Realidade correspondia ao primeiro contato com o assunto a ser estudado, fosse por meio de “exame do objeto em estudo” ou do levantamento de dados. [...] O segundo momento, Estudo Científico, era o momento de se abordar aspectos necessários à compreensão da realidade, de modo a incorporar o desenvolvimento do espírito científico, de habilidades de cálculo, manuseio de instrumentos, estímulo no uso da língua portuguesa, uso do dicionário, capacidade de síntese, entre outros. E o Trabalho Prático, correspondente ao terceiro momento, consistia na realização de atividades coletivas estimuladas pelo estudo científico e articuladas a intervenções que

se relacionavam com as condições locais em que a população vivia. Nessa etapa, construções de latrinas, produção de sabão, elaboração de cartazes mobilizadores, conservação do espaço escolar, atividades culturais com a finalidade de resgatar e valorizar a cultura das etnias locais eram algumas das atividades propostas.

Vê-se que essas definições estavam de acordo com o que vinha sendo debatido pelo grupo do IFUSP. Delizoicov e Angotti seguiram com projetos de formação de professores a partir dessa proposta dos “três momentos pedagógicos” tanto no CEPI de Guiné-Bissau que tinha como objetivo colocar em prática uma proposta pedagógica com material didático baseada na concepção problematizadora de Paulo Freire. Dessa experiência inicial no país africano, aprimorou-se a proposta no sentido de incorporação de elementos como a dialogicidade em cada um dos momentos e a mudança do terceiro momento de “Trabalho Prático” para “Aplicação do conhecimento” (ARAÚJO, 2015).

No período de 1984 a 1989, houve a aplicação do Projeto “Ensino de Ciências a partir de problemas da comunidade” em dois municípios do estado do Rio Grande do Norte. Dentre os aprimoramentos e alterações, modificou-se a nomenclatura do segundo momento de “Estudo Científico” para “Organização do Conhecimento” (ARAÚJO, 2015).

Outro momento que merece destaque foi o período de desenvolvimento do “Projeto diretrizes gerais para o ensino de 2º grau: núcleo comum e habilitação magistério”, que originaram os livros da “Coleção Magistério – 2º grau”, que foram publicados a partir do final dos anos 1980. Tais livros foram construídos a partir da perspectiva dos “três momentos pedagógicos” e auxiliaram na divulgação dessa metodologia nos cenários educacionais de vários lugares do Brasil (MUENCHEN; DELIZOICOV, 2014).

Assim, é possível dizer que a proposta dos 3MP divide-se em Problematização inicial (PI): em que são apresentadas situações reais, com o intuito de que o professor conheça o que os educandos pensam a partir das provocações. A intenção desse momento é fazer com que o educando se depare com variadas interpretações de certa situação e sinta a necessidade de adquirir conhecimentos que não possui. No momento seguinte, Organização do conhecimento (OC), a partir da orientação docente, são estudados os conhecimentos de física necessários para a compreensão dos temas. Por fim, na Aplicação do conhecimento (AC), aborda-se de forma sistemática o conhecimento incorporado pelo educando, com o objetivo de análise e interpretação das situações iniciais que suscitaram o debate inicial quanto para outras compreendidas pelo mesmo conhecimento (ARAÚJO, 2015; MUENCHEN; DELIZOICOV, 2012).

4.3.1 Problematização inicial: provocações sobre a queda dos corpos

A partir dos conhecimentos adquiridos sobre os três momentos pedagógicos, dividiu-se as atividades com base nessa metodologia. Desse modo, a “PI” apresentada nessa pesquisa, teve como base um texto sobre o tema “queda dos corpos”, com o intuito de que o assunto permeasse o imaginário dos educandos como forma de provocação. Nesse ponto é preciso ressaltar alguns apontamentos a respeito do ensino da ciência na educação básica e sua relação com a disciplina de Física, pois, o estudo da ciência sempre esteve muito presente nos centros acadêmicos e distante da população em geral, que sequer pode avaliar e participar de decisões sobre o desenvolvimento científico do país por puro desconhecimento, ou questionar os impactos da evolução da ciência em sua vida.

Sobre a emergência da reformulação curricular, nesse movimento, Krasilchik (2000) adverte que há um risco de se perder de vista “[...] objetivos maiores do ensino de Ciências, que deve incluir a aquisição do conhecimento científico por uma população que compreenda e valorize a Ciência como empreendimento social”, pois segundo ela “os alunos não serão adequadamente formados se não correlacionarem as disciplinas escolares com a atividade científica e tecnológica e os problemas sociais contemporâneos”.

Diante disso, os pressupostos sobre ciência concebidos no currículo devem respeitar também o enfoque dado aos interesses sociais, buscando a compreensão das implicações sociais do conhecimento científico, amparado inclusive em um caráter interdisciplinar. Ressaltando que há uma necessidade de trabalhar conhecimentos que busquem atender as necessidades de contribuição com o senso questionador e crítico dos alunos.

Sobre o ensino de Física, de forma específica, Moreira (2017) aponta que o mesmo está baseado numa metodologia ultrapassada que continua se amparando em uma aprendizagem mecânica de conteúdos desatualizados e reproduzindo ações, tais como, centrar o processo de ensino/aprendizagem no professor e não no aluno, treinar para os testes, ensinando as respostas corretas sem os questionamentos, não incorporar as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), não utilizar de situações que façam sentidos para os educandos, ter como base apenas o livro didático, entre outras. Desse modo, o autor sugere alguns pressupostos para uma aprendizagem significativa e crítica da disciplina por parte dos alunos, dentre os quais se pode destacar, entre outros:

1. Aprender/ensinar perguntas em lugar de respostas (Princípio da interação social e do questionamento).
2. Aprender a partir de distintos materiais educativos (Princípio da não centralidade do livro de texto).
3. Aprender que somos perceptores e representantes do mundo (Princípio do aprendiz como perceptor/representador) (MOREIRA, 2017, p.9).

Esses pensamentos incorporam com o ensino em uma perspectiva libertadora, cuja proposta é levar o educando a percepção de que a educação fornece os instrumentos para melhor compreender a realidade, interferindo e transformando o seu cotidiano. O conhecimento é então, construído não para o aluno, mas com ele, junto com ele, trazendo-o a percepção da realidade, numa recíproca relação de ensino-aprendizagem que se funda no diálogo e no reconhecimento dos sujeitos, compreendendo sua historicidade com uma proposta de constante reflexão, criação e transformação (FREIRE, 1996, p. 59).

A prática do educador deve ser aquela voltada para o desenvolvimento do conhecimento do aluno, de forma com que ele interaja com o meio e crie suas próprias conclusões, tenha capacidade de exercer sua cidadania de forma plena. Ao compreender que a educação não pode ser reduzida a um aprendizado técnico-linguístico ou simplesmente como uma construção pessoal intelectual e que o educador deve priorizar nesse processo a bagagem de conhecimento trazido pelo aluno, ajudando-os a transpor esse conhecimento para o conhecimento letrado, podemos nos remeter a já citada concepção “bancária” de educação, amplamente criticada por Paulo Freire (2005).

Nesse contexto, é possível revisitar ainda outro conceito de Freire (2005) quando o mesmo fala da autonomia do educando. “O respeito à autonomia e a dignidade de cada um é um imperativo ético e não um favor que podemos ou não conceder uns aos outros” (p. 59). Ainda sobre o tema, considera que “o professor que desrespeita a curiosidade do educando, o seu gosto estético, a sua inquietude, a sua linguagem [...] transgride os princípios fundamentalmente éticos de nossa existência” (p. 59-60). O objetivo de tais afirmações não é fazer com que o professor se torne um sujeito licencioso, que permita todo tipo de atitude no momento do desenvolvimento de seu trabalho, mais sim fazer com que o autoritarismo constante que se pode observar na sala de aula desapareça, e o respeito ao saber do educando seja priorizado e visto como prática essencial ao desenvolvimento da formação do conhecimento.

4.3.2 Organização do conhecimento

A segunda etapa, que compreende o momento “OC” foi planejada para que os estudantes tivessem contato com ações práticas relacionadas ao tema em estudo, de modo que a realização de três experimentos pudesse fazer com que eles acessassem o conhecimento outrora adquirido. Moreira (2017), amparado em outros autores clássicos que dissertam sobre a educação em que o educando é o centro do processo, aponta que a experimentação está na ordem das diferentes estratégias de ensino que tanto podem dinamizar o momento em sala de aula quanto funcionar como atrativo a mais que despertar o interesse dos discentes. Assim, Moreira (2017, p.9) aponta:

[...] abandonar o livro de texto, o quadro de giz e a narrativa não significa não usá-los, mas sim não tornar-se escravo deles, não considerá-los como os mais importantes recursos instrucionais. Ensinar perguntas ao invés de respostas não significa não trazer à sala de aulas as respostas que existem para determinadas perguntas, mas sim que é igualmente importante ensinar os alunos a perguntar e buscar respostas.

Portanto, as práticas utilizadas nesse momento refletem a interação que se deu entre os alunos e o docente, assim como entre os alunos e seus colegas e dos alunos com os experimentos, isto torna o processo de ensino/aprendizagem mais significativo, ao passo que favorece a ressignificação do conhecimento transmitido pelo professor, que se torna próprio do educando quando este questiona, debate e reconstrói, desenvolvendo suas habilidades cognitivas. Entende-se, desse modo, que a escolha pelos três experimentos que permitem o estudo da queda dos corpos se enquadra no que foi proposto para esse momento da Organização do Conhecimento.

4.3.3 Aplicação do conhecimento

A terceira e última etapa da metodologia dos três momentos pedagógicos consiste na “AC”, referente ao aprofundamento do conteúdo e sua contextualização social. Nesse ponto, optou-se por realizar um outro experimento com os educandos que envolvesse a criação de uma estrutura para que a “queda dos corpos” fosse demonstrada enquanto uma perspectiva real do que ocorre na queda livre de uma esfera, por exemplo. Essa experimentação está em consonância com o que Wieman (2013, p.294) defende sobre a aprendizagem ativa no ensino das ciências:

A prática deliberada envolve o aprendiz na resolução de um conjunto de tarefas ou problemas que são desafiadores mas factíveis, viáveis, e que envolvem explicitamente a prática de raciocínio e desempenho científicos. O professor, ou mediador, oferece incentivos apropriados para estimular os alunos a dominar as competências necessárias, assim como uma contínua realimentação para mantê-los ativos.

Em resumo, a terceira etapa, AC permite uma avaliação muito mais ampla sobre o processo de aprendizagem, pois não foca apenas no conteúdo pelo conteúdo, mas nas reflexões sobre o conteúdo e na criatividade e curiosidade dos educandos. Além disso, permite o desenvolvimento da compreensão de aspectos da base social e institucional da credibilidade científica; habilita os discentes para a construção de seus próprios interesses no que diz respeito à ciência, estimula a ideia de pesquisa na escola e que se dirija a problemas reais, bem como, cria uma cultura que abre espaço para experimentação, não apenas na disciplina de Física, mas também nela.

Capítulo 5

Resultados e discussões

Esse capítulo se destina a expor os resultados encontrados com a realização do produto educacional para uma turma de alunos do 1º ano do ensino médio, no ano de 2019. Para tanto, recorreremos ao material produzido durante a realização das aulas, assim como ao referencial adotado, que norteou tanto a criação desse produto, quanto a escrita da dissertação. É importante lembrar, nesse ponto, que o referido produto educacional foi criado com base nos “3 momentos pedagógicos”, e foi subdividido a partir da sugestão dessa proposta em: Problematização inicial (PI), Organização do conhecimento (OC) e Aplicação do conhecimento (AC), como demonstrado na Tabela 1, abaixo, e no Apêndice A.

Quadro 3 – 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;

		<ul style="list-style-type: none"> • 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

Assim, a primeira seção desse capítulo, conta com uma avaliação acerca dos questionários de sondagem aplicados na primeira aula, do conjunto de aulas que foi determinado para a aplicação total do produto. Em seguida, na segunda seção, analisamos os passos seguintes que compreenderam a leitura de textos, realização dos experimentos e registro dos resultados. Por fim, na terceira seção, ponderamos sobre as conclusões finais dos alunos a respeito da queda dos corpos e das percepções de Aristóteles e Galileu.

5.1 Questionários de sondagem

Os questionários iniciais ou questionários de sondagem, foram aplicados com o intuito de perceber o conhecimento acumulado pelos alunos a respeito da queda dos corpos. Nesse sentido, esse momento se encaixa na etapa de PI, isto porque, antes de responder às questões discursivas (Apêndice A), foi realizada a leitura de um texto que apresentava, brevemente, a teoria de Aristóteles acerca do tema. Além disso, após o texto, fez-se uma discussão sobre como a situação de queda de objetos ocorre no cotidiano dos indivíduos.

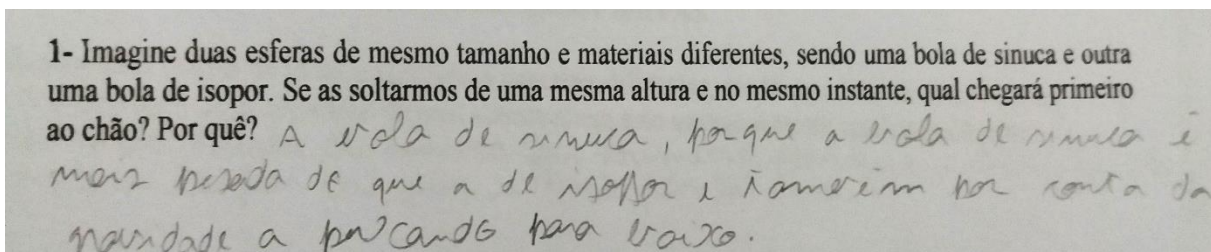
Nesse momento, os alunos leram o texto que baseou essa parte da atividade de forma coletiva, ou seja, foram revezando a participação entre os parágrafos. Em seguida, houve o questionamento, por parte do docente, com relação a forma como os objetos se comportam ao caírem no dia-a-dia e qual era o pensamento dos educandos sobre isso e como poderia se relacionar com a Física. Essas provocações iniciais foram importantes para perceber que os alunos tinham pouco conhecimento sobre as temáticas formais ligadas a disciplina de Física, levando a constatação de que esse foi um dos motivos pela não participação no momento da discussão.

A opção por utilizar essas estratégias na PI foi embasada no fato da crença de que os alunos trazem para a sala de aula ideias e concepções que não podem ser ignoradas, pelo fato de que poderão causar uma dificuldade maior no processo de ensino/aprendizagem, conforme Delizoicov e Angotti (1991, p. 12), que apontaram que “no estudo da Física, podem emergir situações conflitivas entre seus conhecimentos prévios e os conteúdos apresentados pelo

professor”, o que dá margem a “explicitação de duas estruturas de conhecimento paralelas, que não fornecem a mesma interpretação para um mesmo fenômeno estudado”. Logo, desconsiderar essas concepções anteriores pode incentivar os alunos a utilizar os conceitos e leis da Física apenas na sala de aula e nos momentos de avaliação e deixar para as ações cotidianas o senso comum.

Assim, passaram para a resolução das questões discursivas de forma individual. Com as respostas, que agora eram escritas, ficou perceptível que elas correspondem às proposições aristotélicas de que há necessidade de uma força sobre o corpo para mantê-lo em movimento, como se verifica nas Figuras 2 e 3:

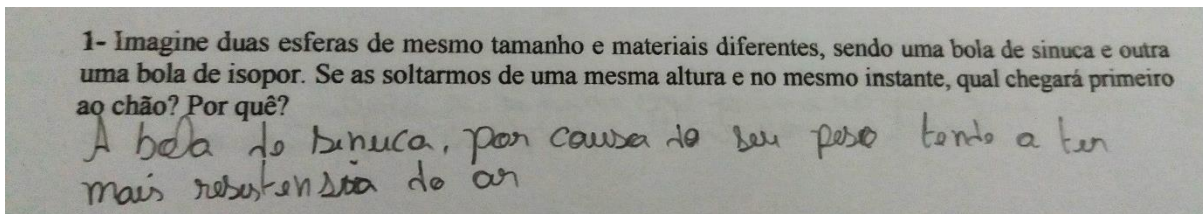
Figura 2 - Resposta do Aluno A à questão 1(aula 1)



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? A bola de sinuca, porque a bola de sinuca é mais pesada de que a de isopor e não temem por conta da gravidade a resistência para baixo.

Fonte: O autor (2020)

Figura 3 - Resposta do Aluno B à questão 1(aula1)



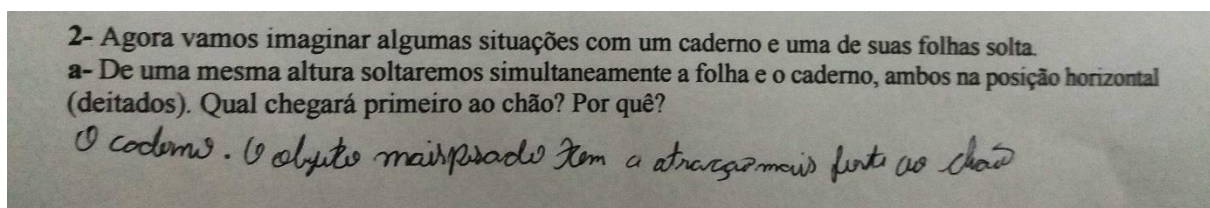
1- Imagine duas esferas de mesmo tamanho e materiais diferentes, sendo uma bola de sinuca e outra uma bola de isopor. Se as soltarmos de uma mesma altura e no mesmo instante, qual chegará primeiro ao chão? Por quê? A bola de sinuca, por causa do seu peso tanto a tem mais resistência do ar

Fonte: O autor (2020)

Vale ressaltar, que as respostas foram unânimes com relação ao peso da bola de sinuca e este ser o motivo pelo qual ela chegaria mais rápido ao chão. As respostas acima demonstraram que os alunos se baseiam na ideia de que quanto maior é a massa de um corpo, mais rapidamente ele chegará ao solo, o que é um fato perceptível na observação da situação. Entretanto, o tempo da queda não depende de sua massa e que é a resistência do ar que retarda a queda do objeto mais leve e não o contrário, como respondeu o Aluno B.

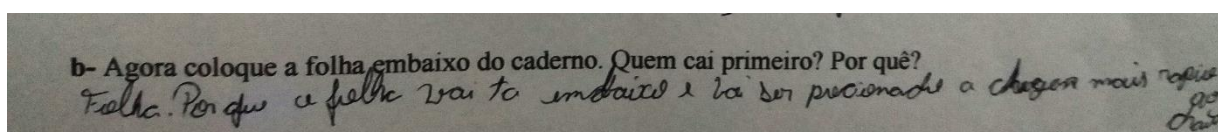
No que se refere ao segundo questionamento, a resposta com relação ao peso dos objetos também foi a mesma. Ao imaginar um caderno e uma de suas folhas destacadas, os alunos imaginaram que aquele cairia primeiro, por conta do seu peso.

Figura 4 - Resposta do Aluno C à questão 2(aula 1)



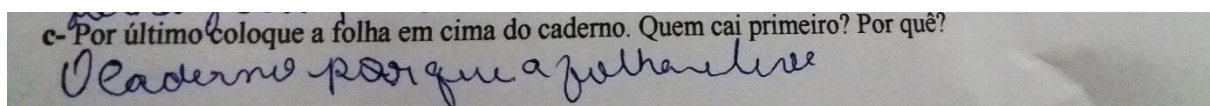
Fonte: O autor (2020)

Figura 5 - Resposta do Aluno C à parte "b" da questão 2 (aula 1)



Fonte: O autor (2020)

Figura 6 - Resposta do Aluno D à parte "c" da questão 2 (aula 1)



Fonte: O autor (2020)

O que foi possível constatar ao final desse momento inicial, com relação às ações dos educandos foi que há pouco conhecimento com relação aos conteúdos da disciplina de Física e que um dos motivos para que isso aconteça seja talvez a persistência da aula com um monólogo, em que apenas o professor se manifesta, pois é o detentor do saber. Isso nos leva a constatação com relação às ações docentes, que necessitam estar amparadas por uma perspectiva problematizadora e menos centralizadora. Como apontam Delizoicov e Angotti (1991, p. 12), “a relação ensino-aprendizagem envolve obrigatoriamente a participação tanto do aluno com a do professor; ou seja, uma interação mediatizada pelo problema que está sendo estudado, da qual decorre o diálogo”.

5.2 Experimentos

Cientes das proposições aristotélicas sobre a queda dos corpos e após responder aos questionários, os alunos passaram a realizar os experimentos propostos, que constam nas aulas 2 a 8, conforme exposto no Apêndice A, e que fazem referência ao momento de OC. O

primeiro experimento correspondia a segurar uma bola de sinuca em uma das mãos e uma bola de isopor em outra, abandonando-as da mesma altura e ao mesmo tempo (Figura 7) e, após observação da ação que foi realizada por um dos alunos, responder aos questionamentos.

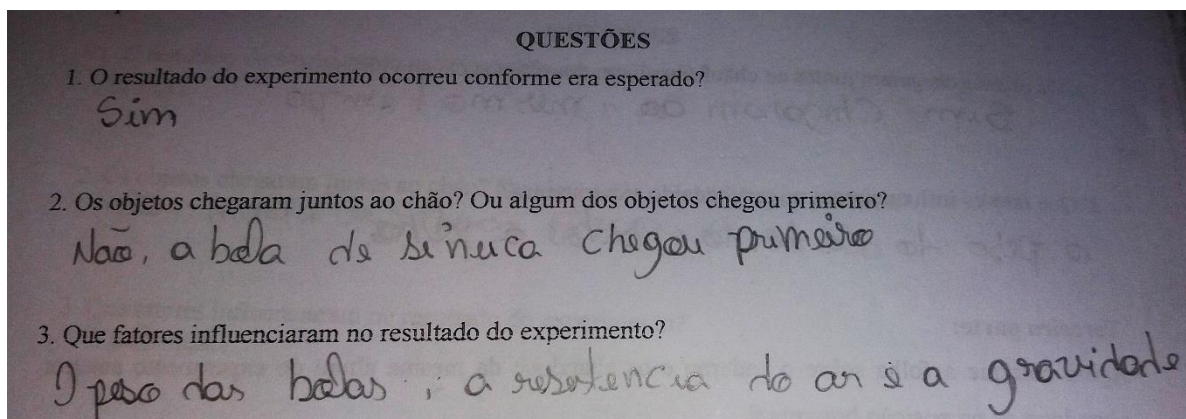
Figura 7 - Alunos realizando o experimento 1 (bola de isopor e bola de sinuca)



Fonte: O autor (2020)

Novamente, todos responderam, dessa vez a partir de uma visualização, que a bola de sinuca chegava ao chão primeiro por ser mais pesada que a bola de isopor, apenas um dos alunos atribuiu a outros motivos, como a resistência do ar e a gravidade, conforme Figura 8:

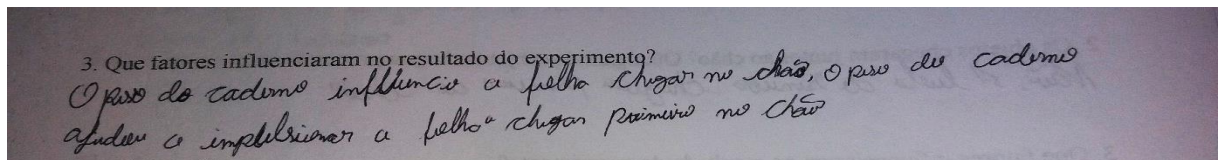
Figura 8 - Resposta do Aluno E às 3 questões do Experimento 1 (aulas 2 e 3)



Fonte: O autor (2020)

O segundo experimento foi feito com um caderno e uma de suas folhas, que deveriam ser abandonados, primeiro, na posição horizontal. Em seguida, a folha solta deveria estar embaixo do caderno e, por fim, sobre o caderno. Ao serem questionados, novamente, a respeito de qual dos objetos chegou primeiro, os alunos afirmaram que o caderno era mais pesado, o que acelerou sua chegada ao solo. Já quando a folha estava embaixo do caderno, eles responderam que aquela chegou primeiro por ter sido empurrada pelo peso do caderno, como na Figura 9:

Figura 9 - Resposta do Aluno C à questão 3 do Experimento 2 (aulas 2 e 3)



Fonte: O autor (2020)

O experimento da folha sobre o caderno (Figura 10) foi um momento de bastante reflexão, pois todos pesavam que o caderno cairia primeiro e a folha iria flutuar, mas quando observaram o experimento e viram os dois caírem juntos, ficaram espantados, tanto que quase todos os alunos deixam a resposta em branco, pois não sabiam explicar o motivo.

Figura 10 - Aluno realizando o experimento 2 (folha e caderno)



Fonte: O autor (2020)

Aqui, é relevante afirmar que não é tarefa fácil convencer aos alunos de que o peso não influencia no tempo de queda dos objetos, justamente pelo fato de que a questão da observação, que leva todos a pensarem que a folha cai mais devagar por ser mais leve. Entretanto, por si só, a observação não permite chegar ao conhecimento final sobre o assunto, pois não estão disponíveis nas escolas, por exemplo, equipamentos sofisticados que demonstrem que todos os objetos em queda adquirem a mesma aceleração. Nos deparamos, novamente, com a discussão acerca do ensino praticado nas escolas em que a aula expositiva e a atitude passiva dos alunos são elementos comuns. Com isso, percebemos que a implementação de recursos didáticos variados é uma das alternativas mais promissoras para o ensino de ciências na escola.

Os experimentos relatados acima equivaleram às aulas 2 e 3. Na aula 4, realizou-se a discussão sobre as conclusões dos alunos referentes a cada experimento, bem como, foram assistidos os vídeos gravados dos experimentos realizados. Até esse momento, os alunos haviam tido contato apenas com o texto sobre Aristóteles e o tom das aulas era mais de discussão sobre as impressões deles do que sobre a explanação dos conhecimentos atuais e sedimentados sobre a queda de corpos como conta, por exemplo, nos livros didáticos.

A aula 5, por sua vez, trouxe a apresentação de um texto sobre o que pensava Galileu Galilei a respeito da queda dos corpos e algumas questões para que os alunos respondessem, agora que já tinham contato com as teorias aristotélica e galileana. As questões eram:

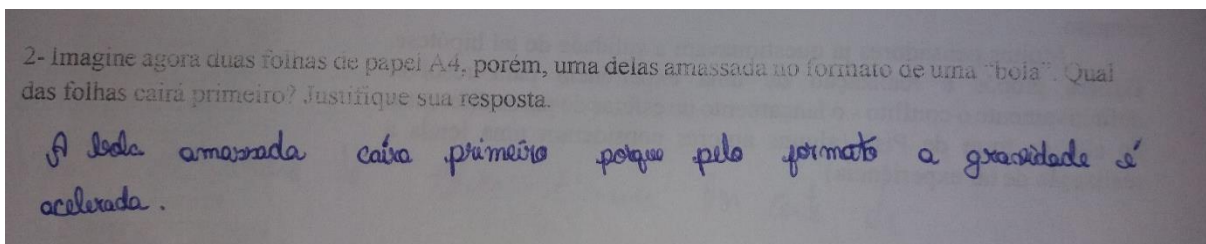
1- Imagine duas folhas de papel A4, numeradas como 1 e 2, para diferenciá-las. Se abandonar de certa altura e no mesmo instante essas duas folhas, na posição horizontal, qual das folhas cairá primeiro? Justifique sua resposta.

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.

Nesse ponto, algumas respostas ainda apontavam para a relação da queda com o peso, entretanto, o elemento da gravidade se fez mais presente do que das outras vezes, como na Figura 11:

Figura 11 - Resposta do Aluno F à questão 2 (aula 5)



Fonte: O autor (2020)

Essa maior diversidade nas respostas das questões relacionados com o texto de Galileu, pode ser atribuída a leitura deste, que explanava como funcionava o pensamento galileano sobre a queda dos corpos e que também afirmava que o pensamento Aristotélico, que vigorou por muitos séculos, estava equivocado, com relação ao mesmo assunto, o que levou os alunos a refletirem um pouco mais sobre os fatores que influenciam a chegada dos objetos ao solo.

Nas aulas 6 e 7 foram realizados mais dois experimentos. O primeiro exigia o uso de duas folhas de papel A4 que deveriam ser abandonadas ao mesmo tempo (Figura 12) e, em seguida, uma delas deveria estar amassada em formato de “bola”.

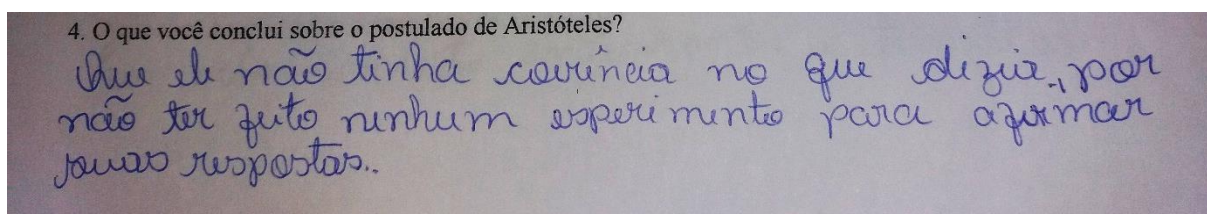
Figura 12 - Aluno realizando o experimento 3 (duas folhas)



Fonte: O autor (2020)

Os alunos responderam aos mesmos questionamentos acerca da chegada dos objetos ao solo, entretanto, se mostraram mais confusos com relação ao motivo pelo qual um chegava mais rápido ao chão, ao passo que possuíam a mesma massa. Muitos continuaram afirmando que quando a folha virava uma “bola” se tornava mais pesada e, por isso, caía mais rápido. Uma novidade nos questionamentos foi o fato da pergunta sobre Aristóteles: 4. O que você conclui sobre o postulado de Aristóteles? A maioria dos alunos respondeu que ele estava correto, entretanto, uma aluna fez uma afirmação interessante (Figura 13):

Figura 13 - Resposta do Aluno G à questão 4 (aulas 6 e 7)



Fonte: O autor (2020)

O experimento seguinte foi mais elaborado, com a utilização de uma maquete. Essa etapa se mostrou muito eficiente, pois, os alunos demonstraram mais interesse e participação, além de uma modificação expressiva em algumas concepções iniciais sobre o tema, o que ficou mais amplamente perceptível no questionário final. Os alunos foram divididos em grupos, nesse momento, o que suscitou um debate entre os participantes, mesmo que alguns não participassem muito. Foi solicitado, então, que cada grupo realizasse os procedimentos na maquete, como na Figura 14, abaixo, e anotasse os resultados na tabela para uma posterior discussão. Ao final, eles perceberam que o tempo de queda era muito similar, com uma leve diferença, mesmo os objetos possuindo massas diferentes, sendo uma o dobro da massa da outra.

Figura 14 - Aluno realizando o experimento 4 (maquete)



Fonte: O autor (2020)

Na aula 8, o que fizemos foi discutir os resultados obtidos e assistir o vídeo da queda do martelo e da pena na lua. Esses elementos associados, experimentos e o vídeo, ofereceram aos estudantes, ferramentas para que modificassem algumas das respostas que deram nas primeiras questões, por exemplo.

5.3 Questionário final

A última aula para aplicação das atividades relacionadas com o tema da queda de corpos foi a aula 9, que se encaixa no momento AC. Dos alunos, foi solicitado que respondessem as seguintes questões:

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.

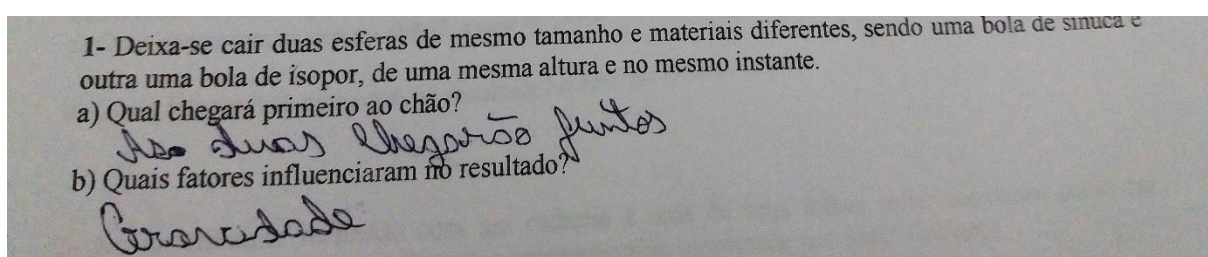
3- Após realizar o experimento com as duas folhas de papel A4, abandonando-as na posição horizontal, e depois umas das folhas amassadas no formato de uma “bola”, qual a conclusão que você chegou sobre a queda de corpos?

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

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

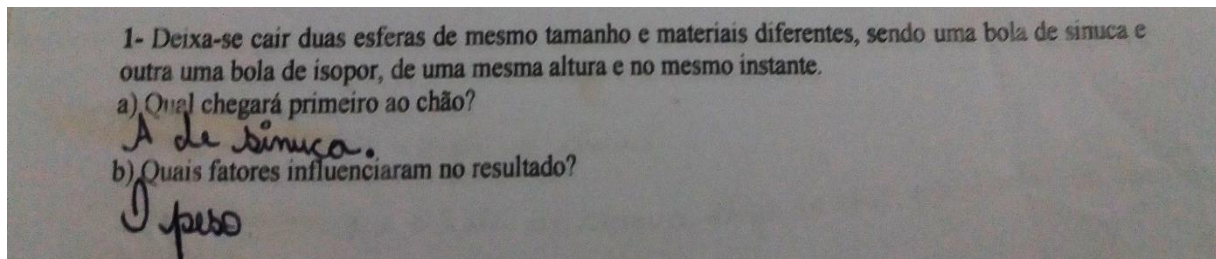
Algumas respostas se mostram interessantes, como nas Figuras 15 a 20:

Figura 15 - Resposta do Aluno H à primeira questão do Questionário final



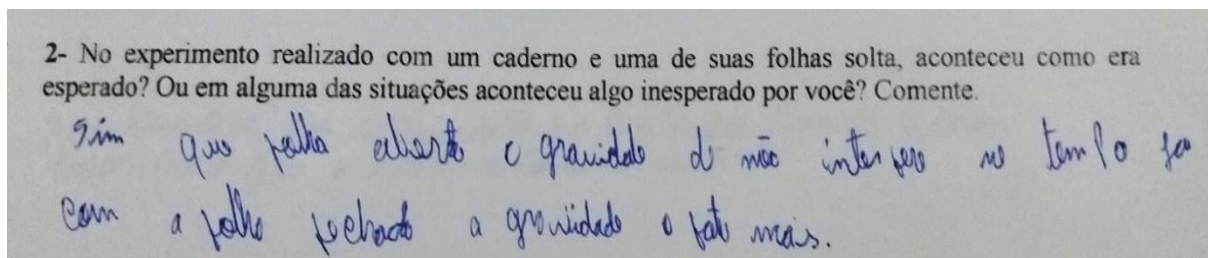
Fonte: O autor (2020)

Figura 16 - Resposta do Aluno I à primeira questão do Questionário final



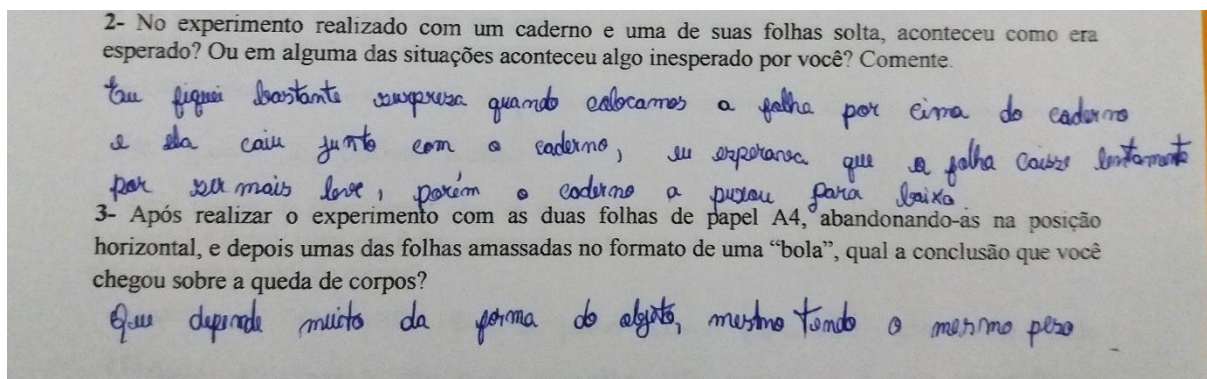
Fonte: O autor (2020)

Figura 17 - Resposta do Aluno J à segunda questão do Questionário final



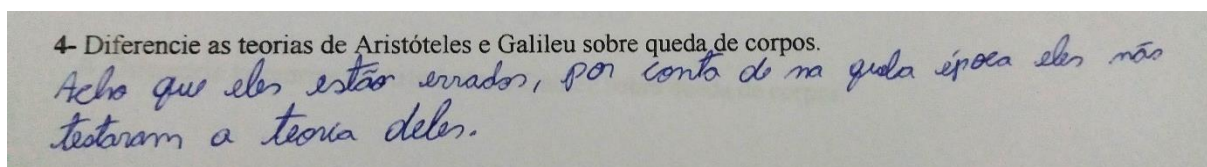
Fonte: O autor (2020)

Figura 18 - Resposta do Aluno L às questões 2 e 3 do Questionário final



Fonte: O autor (2020)

Figura 19 - Resposta do Aluno M à questão 4 do Questionário final



Fonte: O autor (2020)

Figura 20 - Resposta do Aluno N à questão 5 do Questionário final

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

Tabela 1: Distancia 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.

O peso das bolas não influencia no tempo de queda por o que realmente influencia é a gravidade, se colocarmos os mesmo objetos embaixo não há gravidade o tempo de queda será o mesmo.

Fonte: O autor (2020)

As respostas dessas questões demonstram que os alunos modificaram suas percepções acerca da queda dos corpos com base nos postulados de Aristóteles e Galileu. Atribuímos essas mudanças ao conjunto de materiais didáticos utilizados na sequência didática proposta, que levaram a dinamização da aula e facilitaram a relação entre o processo de ensino e o processo de aprendizagem, uma vez que a participação dos estudantes foi ativa e, na maioria

das vezes, eles chegaram as conclusões para suas respostas a partir de suas próprias habilidades de observação, análise e interpretação.

Percebemos, ainda, que elaborar e propor essa sequência didática com bases nas proposições dos 3 momentos pedagógicos, oferece ao docente possibilidades de organizar melhor sua aula em torno de um determinado assunto e deixar de lado o modo tradicional de inserir assuntos em uma aula, que é por meio da exposição. Incluir os alunos na construção do conhecimento torna a aula mais interessante ao professor também, na medida em que é prazeroso ver que os alunos participam e, mais, estão interessados no que vai sendo demonstrado.

Capítulo 6

Considerações Finais

O ensino de Física na Educação básica, por vezes, se torna monótono e não favorece a aprendizagem dos alunos, se enquadrando no que muitos estudiosos chamam de ensino tradicional, aquele conteudista em que o aluno não é o centro do processo, pouco dialógico e que não favorece a alfabetização científica em uma perspectiva emancipadora. Além disso, não há grande variedade de materiais didáticos ou utilização do recurso dos experimentos, uma vez que o livro didático se torna a única ferramenta e a mais importante. Em contraposição a isso, vemos um número crescente de pesquisadores, que em muitos casos também atuam na docência, em escolas públicas e privadas, que desenvolvem estudos com o que podem ser ricas sugestões aos professores dessa disciplina que, longe de serem desleixados ou pouco preocupados com o desenvolvimento dos alunos, também enfrentam as mazelas pelas quais passa a educação no Brasil. Nesse viés, essa pesquisa se insere no rol de tentativas de oferecer uma possibilidade a mais aos professores de Física.

Ficou perceptível, ainda, que a abordagem da sequência didática levando em consideração os 3 momentos pedagógicos é criativa, na medida em que os pesquisadores que a desenvolveram, tanto se embasaram na perspectiva freireana, quanto no próprio entendimento da disciplina de Física, desde a década de 1970. A divisão do processo de ensino em aprendizagem em momentos com objetivos específicos para cada etapa facilita e favorece o trabalho docente, além de voltar-se para a perspectiva do aluno, ao passo que considera seus saberes anteriores, bem como, os que serão reconstruídos.

Assim, a sequência didática, quando comparada com as aulas que são normalmente oferecidas, aponta como principal resultado uma maior participação dos alunos, sobretudo na parte experimental, pois, além da curiosidade, o desejo de fazer parte aflorou nos alunos. Apesar das respostas presentes nos resultados, fica perceptível que todo o processo desenvolvido nas 9 aulas levou os alunos a entenderem as diferenças entre as teorias de Aristóteles e Galileu, bem como, todo o processo histórico que envolve a criação do conhecimento em torno de apenas um tema da Física, a queda dos corpos, muito embora alguns equívocos ainda tenham sido verificados, como atribuir a chegada mais rápida ao chão de determinado objeto a seu peso. Entretanto, comparando os resultados da PI com os resultados da AC, podemos concluir que a maioria dos educandos adquiriu conhecimentos relevantes em relação ao tema.

Evidentemente, o trabalho enfrentou dificuldades, tais como a confecção da maquete e a melhor forma de construção das aulas e de todas as atividades, pois, não é tarefa fácil construir uma aula com tanta riqueza de detalhes e que de fato ensinasse aos alunos. Nesse ponto, as dificuldades foram muito didáticas ao fazer do professor/pesquisador que se deparou com desafios superiores aos que enfrentou na carreira docente, até então. Além disso, reunir uma grande quantidade de materiais didáticos e visualizar as possibilidades dessas ferramentas é instigante, no sentido das inúmeras que podem ser encontradas.

Referências

ARAÚJO, L. B. **Os três momentos pedagógicos como estruturantes de currículos**. 2015. 150f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da vida e saúde, RS, 2015.

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

ARTHURY, L. H. M.; TERRAZZAN, E. A. A Natureza da Ciência na escola por meio de um material didático sobre a Gravitação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 3, e3403, 2018.

BORGES, R. M. R.; LIMA, V. M. R. Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, vol. 6, nº 1, 2007.

CHERMAN, A.; MENDONÇA, B. R. **Por que as coisas caem?** Uma história da gravidade. São Paulo: Zahar, 2010.

COLOMBO JÚNIOR, P. D.; SILVA, C. C. A percepção da gravidade na ‘Casa Maluca’ do CDCC/USP: Uma análise à luz de Gaston Bachelard. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 2, 2013.

DELIZOICOV, D. Problemas e problematizações. In: PIETROCOLA, M. (org.). **Ensino de Física** – conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1991.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DIAS, M. A. **Utilização de fotografias estroboscópicas digitais para o estudo da queda dos corpos**. 2011. 92f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, 2011.

DIAS, M. A.; VIANNA, D. M.; CARVALHO, P. S. A queda dos corpos para além do que se vê: contribuições das imagens estroboscópicas e da videoanálise para a alfabetização científica. **Revista Ensino**, v. 20, e2947, 2018.

ELIA, M. F. Ensino não experimental de um Ciência Experimental: um problema cultural brasileiro. In: VI Simpósio Nacional de Ensino de Física. (1985, Niterói: RJ) **Anais [...]** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 1985.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005, 42.^a edição.

_____. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 43. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2011.

HÜLSENDEGER, M. Uma análise das concepções dos alunos sobre a queda dos corpos. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 21, n. 3: p. 377-391, dez 2004.

KRASILCHIK, M. **Prática do Ensino de Biologia**. 4ª ed. ver. e ampl., 2ª reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2000.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 37-50, mar. 2001.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

LUNAZZI, J. J. DE PAULA, L. A. N. Corpos no interior de um recipiente fechado e transparente em queda livre. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 24, n. 3: p. 319-325, dez. 2007.

MARTINS, A. C. **Aceleração gravitacional: uma proposta de abordagem com objetivo de viabilizar sua aprendizagem significativa**. 2016. 117f. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2016.

MATTHEUS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 12, n. 3: p. 164-214,dez. 1995.

MONTEIRO, M. A. A.; CARVALHO, S. J.; MONTEIRO, I. C. C.; CINDRA, J. L. Estudo da queda livre em aulas de Física do Ensino Médio a partir de um marcador de tempo e da História da Ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 1004-1019, dez. 2018.

MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, Brasília, vol. 1, n. 1, 2017.

MOZENA, E. R.; OSTERMANN, F. Sobre a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o Ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 327-332, ago. 2016.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. A construção de um processo didático-pedagógico dialógico: aspectos epistemológicos. **Revista Ensaio**, v.14, n. 03, p. 199-215, set-dez 2012.

_____. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”. **Ciênc. Educ.**,Bauru, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014.

PEDREIRA, V. S. **Game Card em uma perspectiva de ensino de física por investigação na Educação de Jovens e Adultos**. 2018. 99f. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Vitória da Conquista, 2018.

PEREIRA, Ê. R. L. **O ensino da queda dos corpos no período Galileu-Newton:** contribuições das abordagens internalista e externalista da história da ciência. 2019. 48f. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Vitória da Conquista, 2019.

PERUZZO, J. Determinação de g através da captação do som de impacto de corpos com o solo. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 27, n. 1: p. 159-168, abr. 2010.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

PUGLIESE, R. M. O trabalho do professor de Física no ensino médio: um retrato da realidade, da vontade e da necessidade nos âmbitos socioeconômico e metodológico. **Ciênc. Educ.**, v. 23, n. 4, p. 963-978, 2017.

RAMPAZZO, L. **Metodologia Científica para os alunos dos cursos de graduação e pós-graduação**. 3 ed. São Paulo: Edições Loyola, 2005.

RESNICK, Robert, **Física** / Robert Resnick e David Halliday; Tradução de Antonio Máximo R. Luz [ET AL]; Revisão Técnica de Adir Moyses Luiz. – 4ª Ed. – Rio de Janeiro: LTC – livros Técnicos e Científicos. Editora S.A., 1983.

RIBEIRO JÚNIOR, L. A.; CUNHA, M. F.; LARANJEIRAS, C. C. Simulação de experimentos históricos no ensino de física: uma abordagem computacional das dimensões histórica e empírica da ciência na sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, 4602, 2012.

RIBEIRO JÚNIOR, L. A. **Proposta didática diferenciada para o ensino de queda livre**. 2018. 108f. Dissertação (mestrado). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campus Campo Centro, Programa de Pós-Graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

RIZÉRIO, É. H. S. **O Baú de Galileu:** textos literários de temática científica para abordar aspectos da mecânica relacionados à queda dos corpos. 2018. 148f. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Vitória da Conquista, 2018.

ROCHA, J. F. M. **Origens e evolução das ideias da física** [livro eletrônico]. Salvador: EDUFBA, 2011.

RODRIGUES, A. T. **Simulação Python em sequência didática no auxílio do ensino de queda livre**. 2018. 87 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Acre, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Rio Branco, 2018.

SILVEIRA JÚNIOR, P. B.; ARNONI, M. E. B. Física dos anos iniciais: estudo sobre a queda livre dos corpos através da metodologia da mediação dialética. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, 3401, 2013.

SISMANOGLU, B. N. GERMANO, J. S. E.; CAETANO, R. A utilização da filmadora digital para o estudo do movimento dos corpos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, 1501, 2009.

SOMBRA JÚNIOR, J. M. **Novas abordagens para o ensino de física no ensino médio: construção de projetos experimentais com materiais de baixo custo.** 2015. 101f. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino em Física) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2015.

SOUSA SOBRINHO, R. **A importância do ensino da biologia para o cotidiano.** Monografia (graduação). Programa Especial de Formações de Docentes da Faculdade Integrada da Grande Fortaleza, Fortaleza, Ceará, 2009.

SOUZA, V. F. M.; SASSERON, L. H. As interações discursivas no ensino de física: a promoção da discussão pelo professor e a alfabetização científica dos alunos. **Ciência&Educação**, v. 18, n. 3, p. 593-611, 2012.

WIEMAN, K. Grand Challenges in Science Education. **Science**. 2013. pp. 290-323.

ZANETIC, J. **Física também é cultura.** 1989. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

Apêndice A – PRODUTO EDUCACIONAL MNPEF POLO 62

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.

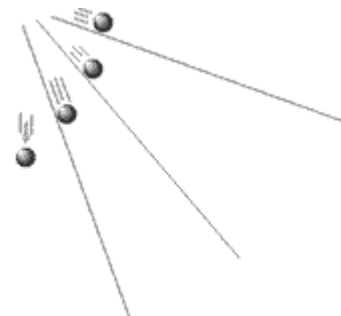
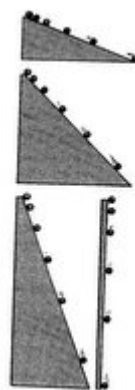
Muitos pensadores já questionavam a validade de tal hipótese. Galileu propôs a realização de uma experiência para resolver definitivamente o conflito - o lançamento de esferas de pesos diferentes do alto da torre de Pisa (alguns autores consideram uma lenda a realização de tal experiência)



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”.

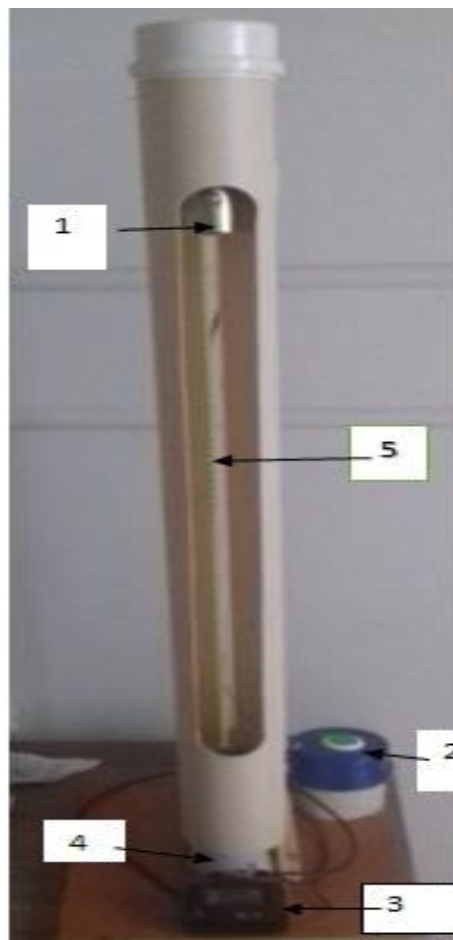
QUESTÕES

- 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.