



**Universidade Federal do  
Rio de Janeiro**

Programa de pós-graduação em  
Ensino de Física  
Campus Macaé



**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



---

## **A COSMOLOGIA DE NEWTON A EINSTEIN: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO MÉDIO COM RECURSOS DE HIPERMÍDIA**

Hudineia Fitaroni França de Souza

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física 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.

Orientador:  
Dr. Habib Salomón Dumet Montoya

Macaé  
Março - 2017

# **A COSMOLOGIA DE NEWTON A EINSTEIN: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO MÉDIO COM RECURSOS DE HIPERMÍDIA**

Hudineia Fitaroni França de Souza

Orientador:  
Dr. Habib Salomón Dumet Montoya

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Macaé (UFRJ-Macaé) 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.

Aprovada por:

---

Dr. Habib S. Dumet Montoya - UFRJ/Macaé (Presidente)

---

Dr. Martin Makler - CBPF

---

Dr. Antônio Cândido Camargo Guimarães – UFRJ/Macaé

Macaé  
Março - 2017

## FICHA CATALOGRÁFICA

S719c Souza, Hudineia Fitaroni França de  
A Cosmologia de Newton a Einstein: uma Proposta para o  
Ensino Médio com Recursos de Hipermídia / Hudineia Fitaroni França  
de Souza - Rio de Janeiro, 2017.  
xiv, 107 f.: il.;30cm.

Orientador: Habib Salomón Dumet Montoya  
Dissertação (mestrado) Universidade Federal do Rio de  
Janeiro, Campus Macaé Professor Aloisio Teixeira, Programa de Pós-  
Graduação em Ensino de Física, 2017.  
Referências Bibliográficas: f. 99-107.

1. Ensino de Física. 2. Gravitação. 3. Cosmologia. 4.  
Hipermídia. I. Montoya, Habib Salomón Dumet, orient. II. A  
Cosmologia de Newton a Einstein: uma Proposta para o Ensino  
Médio com Recursos de Hipermídia

Às minhas filhas Laís e Louise, por ser a  
minha maior inspiração.

Ao meu marido e companheiro Cláudio,  
por sempre me apoiar, incentivar e estar  
ao meu lado em todos os momentos.

Aos meus pais, por estarem sempre com  
os joelhos no chão em oração por mim.

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar a Deus, por me guardar em todos os momentos e permitir que eu chegasse até aqui.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) deixo o meu agradecimento pela oportunidade de participar do Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física, programa este que tem ajudado a levar um caráter de pesquisa ao ensino de Física pelos professores nele inscritos, do qual orgulho-me de fazer parte.

Ao meu orientador, professor Dr. Habib Salomón Dumet Montoya pelo apoio, incentivo, dedicação e por confiar em mim para a realização desse trabalho.

Aos meus amigos mestrandos pelos momentos inesquecíveis que compartilhamos nesses meses, por me ajudarem quando precisei e por me incentivar quando pensei em desistir. Aos professores do Curso de Mestrado Nacional em Ensino de Física por seus ensinamentos que foram importantíssimos para que eu ampliasse minha prática pedagógica, crescendo como docente.

Aos diretores do Centro Educacional Labor de Cordeiro por abrirem as portas da instituição para que eu realizasse esse projeto em seu espaço físico, disponibilizando toda a infraestrutura necessária e aos meus amados alunos da primeira série do Ensino Médio que embarcaram comigo nesse projeto.

A minha companheira de estudo e estrada Gislaine Soares, por dividir comigo esse momento e sem a qual eu não poderia estar aqui.

Ao David Lindgren pela parceria e paciência na construção do website da hipermídia.

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para que esse projeto fosse possível, os meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

### A COSMOLOGIA DE NEWTON A EINSTEIN: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO MÉDIO COM RECURSOS DE HIPERMÍDIA

Hudineia Fitaroni França de Souza

Orientador: Habib Salomón Dumet Montoya

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro Campus Macaé (UFRJ-Macaé) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF) da, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Em todos os níveis de ensino há uma necessidade de buscar novas alternativas para a práxis pedagógica, já que aproximar o processo de ensino-aprendizagem do que é pertinente à geração participante de tal processo é fazer da escola um espaço dinâmico e ativo no seu tempo. O uso de novas tecnologias em sala de aula, tais como as hipermídias, como instrumentos facilitadores da construção do conhecimento são recursos dos quais os professores devem apropriar-se, pois é o mundo que a maioria dos alunos conhece e no qual gosta de “explorar”. Os segredos do Cosmos e o conhecimento de certos termos científicos contemporâneos apresentados a eles em jogos ou filmes de ficção desperta o interesse dos alunos sempre que o tema entra em discussão. No entanto, a Cosmologia em sala de aula, a maioria das vezes é apenas abordada na visão newtoniana, deixando de fora as teorias de Einstein. Tendo em vista os aspectos citados anteriormente, visando construir uma ponte entre a física da sala de aula e a Cosmologia Moderna, nossos principais objetivos são os de propiciar situações para que os alunos de ensino médio assimilem a diferença qualitativa entre as teorias de gravitação de Newton e de Einstein, assim como também avaliar o impacto do uso de uma hipermídia em sala de aula. Para esses fins, desenvolvemos uma hipermídia como recurso digital mediador para a construção e ensino da gravitação, de modo tal que os alunos possam explorar de maneira panorâmica, os conceitos necessários de gravitação a serem desenvolvidos em ambas as abordagens. Em complemento, tomando como base a proposta sócio construtivista de Ausubel para uma aprendizagem significativa, aplicamos a hipermídia em uma turma da primeira série do ensino médio de uma escola particular. Foi observado um aumento significativo no conhecimento dos alunos acerca da gravitação, evidenciado pela segurança nas respostas nos pós-testes. Além disso, a totalidade dos alunos que participaram do processo afirmou que a hipermídia favoreceu a aprendizagem e que seria interessante que o uso da mesma fosse estendido a outros cursos. Dessa forma esperamos que este produto contribua para uma aprendizagem mais significativa através da contextualização, ilustração, experimentação e enriquecimentos dos conteúdos da Cosmologia Moderna em salas de aula do ensino médio.

**Palavras chave:** ensino, aprendizagem significativa, gravitação, hipermídias.

Macaé  
Março – 2017

## **ABSTRACT**

### **COSMOLOGY FROM NEWTON TO EINSTEIN: A PROPOSAL FOR HIGH SCHOOL WITH HYPERMEDIA TOOLS**

Hudineia Fitaroni França de Souza

Supervisor: Habib Salomon Dumet Montoya

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro Campus Macaé (UFRJ-Macaé) in Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

There is a necessity in searching for new alternatives to pedagogical praxis at each teaching level, since bringing the teaching-learning process closer to what is pertinent to the generation inserted in it is a way to turn the school into a dynamical and active space in its time. The use of new technologies in classroom, such as hypermedias, as tools to facilitate the building of the knowledge are resources that teachers must take as their own, since most of students like to "explore" the world they know. The secrets of the Cosmos and the knowledge of certain contemporary scientific terms presented to them in games or movies, increase their interest whenever the subject is discussed. However, most of the time, Cosmology in the classroom is only treated from the Newtonian point of view, leaving out Einstein's theories. Considering the aspects mentioned above, seeking to build a bridge between the physics in the classroom and Modern Cosmology, our main aims are to create situations for high-school students where they assimilate the qualitative difference between Newton's and Einstein's gravitational theories, as well as to evaluate the impact after hypermedia use in the classroom. For these purposes, we developed a hypermedia as a mediator digital resource to build and to teach gravitation, in such a way the students can explore, in a panoramic way, the necessary concepts about gravitation, which will be developed in both approaches. In addition, based on the Ausubel's social constructive proposal for a significant learning, we apply a hypermedia in a class of first highschool grades of a private school. A significant increase of knowledge about gravitation was observed in the students, supporting the confidence they had in the answers after the tests. Besides, all the students who have participated in the test have said that hypermedia favored the learning and they have suggested that it would be interesting to implement it in other courses. Thus, we hope this product will contribut

e to a more meaningful learning through contextualization, illustration, trial and enrichments of Modern Cosmology contents in highschool classrooms.

**Key words:** teaching, significant learning, gravitation, hypermedia.

Macaé  
March - 2017

# Sumário

Capítulo 1	Introdução.....	1
Capítulo 2	Fundamentos Teóricos do Ensino.....	6
2.1	A aprendizagem significativa de Ausubel.....	6
2.2	O computador e a sala de aula.....	8
2.2.1	O uso do computador na escola.....	8
2.2.2	O Professor e as ferramentas pedagógicas.....	12
2.2.3	Tecnologias da Informação e Comunicação.....	14
2.2.4	Hipermídias.....	15
Capítulo 3	A Física no Ensino Médio.....	18
3.1	O Ensino de Física.....	18
3.2	O Ensino da Física Moderna.....	21
3.3	O Ensino da Cosmologia.....	22
3.3.1	Cosmologia Moderna.....	22
3.3.2	A Cosmologia na Educação Básica.....	24
Capítulo 4	Desenvolvimento da Hipermídia.....	27
4.1	A construção da hipermídia.....	28
4.2	Estrutura da Hipermídia.....	31
4.2.1	Abertura e Informações Gerais.....	31
4.2.2	Lei da Gravitação Universal.....	33
4.2.3	Teoria da Relatividade Geral.....	34
4.2.4	Cosmologia.....	38
4.3	Recursos interativos da hipermídia.....	40
Capítulo 5	Aplicação da Hipermídia.....	45
5.1	O local da pesquisa.....	46
5.2	Os alunos.....	46
5.3	Análise dos dados.....	47
5.3.1	Levantamento do perfil.....	47
5.3.2	Análise do pré-teste e do pós-teste.....	55
5.3.3	Resultados da avaliação da hipermídia pelos alunos.....	75
Capítulo 6	Considerações Finais.....	77
Apêndice A	Plano de aula.....	80



Apêndice B	Questionário 1 – Levantamento do perfil do aluno .....	86
Apêndice C	Questionário 2- Pré-teste.....	89
Apêndice D	Questionário 3 – Pós-teste .....	92
Apêndice E	Questionário 4 – Avaliação da hiperídia .....	97
Referências Bibliográficas .....		99

## Figuras

Figura 2.1: Relação entre hipertexto, multimídia e hipermídia.....	16
Figura 4.1: Estrutura da hipermídia no Twine.....	28
Figura 4.2: Edição de texto no Twine com código fonte HTML.....	29
Figura 4.3: Estrutura da hipermídia no Adobe Muse.....	30
Figura 4.4: Edição do texto no Adobe Muse.....	30
Figura 4.5: Tela de abertura da hipermídia.....	32
Figura 4.6: Tela “ <b>A proposta</b> ”:	32
Figura 4.7: Página da hipermídia com o contato do autor.....	33
Figura 4.8: Introdução ao estudo da Lei da Gravitação Universal.....	34
Figura 4.9: Introdução ao estudo da Relatividade Geral.....	35
Figura 4.10: O eclipse de Sobral.....	36
Figura 4.11: Síntese das principais ideias da gravitação newtoniana e einsteiniana.....	36
Figura 4.12: Introdução ao estudo da Cosmologia Moderna.....	38
Figura 4.13:A Geometria do Universo.....	39
Figura 4.14: Simulador Phet Colorado sobre Lei da Gravitação Universal inserido na atividade 2 da Teoria da Gravitação Universal.....	41
Figura 4.15: Animação que demonstra a precessão de Mercúrio descrito no tópico “Princípio da Equivalência” do módulo Teoria da Relatividade Geral.....	41
Figura 4.16: Atividade com simulador do tópico “O foguete de Einstein” do módulo Teoria da relatividade Geral referente ao experimento mental realizado por Einstein que o conduziu ao Princípio da Equivalência.....	42
Figura 4.17: Vídeo do tópico “gravidade zero” do módulo Teoria da Gravitação Universal, demonstrando uma queda livre para simular situações de imponderabilidade, conhecida como “gravidade zero”.....	43
Figura 4.18: Atividade prática sobre a curvatura do espaço-tempo e sua influência na gravitação inserida no tópico “Eclipse de Sobral – atividade 3”.....	43
Figura 4.19: : Sugestão de leitura do texto “A força criadora do universo” da revista eletrônica Ciência Hoje cujo hiperlink redireciona o usuário diretamente para a reportagem da revista.....	44

Figura 5.1: Representação gráfica das respostas da questão 1 referente ao perfil do aluno.....	48
Figura 5.2: Representação gráfica das respostas da questão 3 referente ao perfil do aluno.....	49
Figura 5.3: Representação gráfica das respostas da questão 4 referente ao perfil do aluno.....	50
Figura 5.4: Representação gráfica das respostas da questão 5.a referente ao perfil do aluno.....	51
Figura 5.5: Representação gráfica das respostas da questão 5.b referente ao perfil do aluno.....	51
Figura 5.6: Representação gráfica das respostas da questão 5.c referente ao perfil do aluno.....	52
Figura 5.7: Representação gráfica das respostas da questão 6.....	52
Figura 5.8: Representação gráfica das respostas da questão 7 referente ao perfil do aluno.....	53
Figura 5.9: Representação gráfica das respostas da questão 8 referente ao perfil do aluno.....	53
Figura 5.10: Representação gráfica das respostas da questão 9 referente ao perfil do aluno.....	54
Figura 5.11: Representação gráfica das respostas da questão 10 referente ao perfil do aluno.....	54
Figura 5.12: Representação gráfica das respostas da questão 11 referente ao perfil do aluno.....	55
Figura 5.13: Representação gráfica das respostas da questão 1 referente ao pré-teste..	57
Figura 5.14: Representação gráfica das respostas da questão 1 referente ao pós-teste.	57
Figura 5.15: Representação gráfica das respostas da questão 2 referente ao pré-teste..	58
Figura 5.16: Representação gráfica das respostas da questão 2 referente ao pós-teste.	59
Figura 5.17: Representação gráfica das respostas da questão 3 referente ao pré-teste..	60
Figura 5.18: Representação gráfica das respostas da questão 3 referente ao pós-teste..	61
Figura 5.19: Representação gráfica das respostas da questão 4 referente ao pré-teste..	62
Figura 5.20: Representação gráfica das respostas da questão 4 referente ao pós-teste..	62
Figura 5.21: Questão 5 do pré-teste na qual os alunos deveriam observar a imagem e ordenar de maneira crescente a intensidade da força gravitacional entre os astros representados. ....	63

Figura 5.22: Questão 5 do pós-teste na qual os alunos deveriam observar a imagem e ordenar de maneira crescente a intensidade da força gravitacional entre os corpos representados .....	63
Figura 5.23: Representação gráfica das respostas da questão 5 referente ao pré-teste..	64
Figura 5.24: Representação gráfica das respostas da questão 5 referente ao pós-teste..	64
Figura 5.25: Representação gráfica das respostas da questão 6 referente ao pós-teste..	65
Figura 5.26: Representação gráfica das respostas da questão 7 referente ao pós-teste..	66
Figura 5.27: Representação gráfica das respostas da questão 6 referente ao pré-teste..	67
Figura 5.28: Representação gráfica das respostas da questão 8 referente ao pós-teste..	67
Figura 5.29: Representação gráfica das respostas da questão 7 referente ao pré-teste..	68
Figura 5.30: Representação gráfica das respostas da questão 9 referente ao pós-teste..	69
Figura 5.31: Representação gráfica das respostas da questão 8 referente ao pré-teste..	69
Figura 5.32: Representação gráfica das respostas da questão 10 referente ao pós-teste.....	70
Figura 5.33: Representação gráfica das respostas da questão 9 referente ao pré-teste..	71
Figura 5.34: Representação gráfica das respostas da questão 11 referente ao pós-teste.....	71
Figura 5.35: Representação gráfica das respostas da questão 10 referente ao pré-teste.	72
Figura 5.36: Representação gráfica das respostas da questão 12 referente ao pós-teste.....	73
Figura 5.37: Representação gráfica das respostas da questão 13 referente ao pós-teste.....	74
Figura 5.38: Representação gráfica das respostas da questão 14 referente ao pós-teste. ....	75

## Quadros

Quadro 1: Tipos de aprendizagem significativa .....	7
Quadro 2: O ensino da Física: como está e como deveria estar no século XXI.....	20
Quadro 3: lista de referências utilizadas para construção do texto da hipermídia sobre LGU.....	34
Quadro 4: Lista de referências utilizadas para construção do texto da hipermídia sobre Teoria da Relatividade Geral.....	37
Quadro 5: lista de referências utilizadas para construção do texto da hipermídia sobre Cosmologia.....	40
Quadro 6: Respostas dos alunos para a questão 2 do questionário 1 – “Dentre as disciplinas abaixo que você estuda esse ano, numere-as de 1 a 10, entendendo ser a número 1 a que você menos gosta e 10 a que você mais gosta.”.....	48

## Siglas

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

ENEM - Exame Nacional do Ensino Médio.

EUA – Estados Unidos da América

Finep - Financiadora de Estudos e Projetos

FMC – Física Moderna e Contemporânea.

GLD – Guia do Livro Didático.

LGU – Lei da Gravitação Universal

MEC – Ministério da Educação e Cultura.

NTEs - Núcleos de Tecnologia Educacional

PCN+ - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais.

PISA - Program for International Student Assessment.

PROINFO - Programa Nacional de Informática na Educação

PRONINFE - Programa Nacional de Informática Educativa

RCF – Radiação Cósmica de Fundo

SAEB - Sistema de Avaliação da Educação Básica.

SAERJ - Sistema de Avaliação da Educação do Estado Rio de Janeiro.

SEI - Secretaria Especial de Informática

TIC - Tecnologias da Informação e Comunicação

# Capítulo 1

## Introdução

Como professora do Ensino Médio na educação básica, tenho percebido que os alunos demonstram um baixo interesse pelas aulas quando estas são apenas expositivas. Isso deve-se ao fato do modelo de ensino ser tradicional, em que o professor apresenta o conteúdo a ser ensinado para alunos que são considerados simples receptáculos dos conhecimentos oriundos dos livros didáticos. Em contrapartida, tem aumentado o interesse pelas aulas em que se utiliza algum instrumento mediador como as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) na promoção da aprendizagem dos estudantes. Dentre as discussões que têm por finalidade descobrir como aumentar o interesse do aprendiz pelo processo de ensino-aprendizagem estão àquelas relacionadas ao uso de computadores e seus recursos (Rosa, 1995; Magalhães, 2002; Fiolhais, 2003). Esta inter-relação computador-recurso deve ser encarada pelos professores como uma ferramenta de grande valia na ampliação do saber dos alunos, visto que a internet, como representante do ciberespaço, é um local onde nossos alunos sentem-se à vontade para interagir e construir colaborativamente os saberes.

Dessa forma o aluno salta da posição de passivo em aulas expositivas-dialogadas, centradas unicamente no professor, detentor de todo o conhecimento, para ser coautor de sua aprendizagem. Tal mudança de postura lhe permite discutir, pensar, levantar hipóteses e buscar respostas para seus questionamentos através de pesquisas, simulações computacionais, resoluções de exercícios, leituras ou assistindo vídeos. Assim, o uso de computadores pode ser significativo para a construção do conhecimento do aluno na medida em que o ajude a reorganizar, reestruturar e fazer conexões entre conhecimentos afins, possibilitando as relações entre fenômenos do cotidiano e o conhecimento científico em um ambiente que incentive *o aprender a aprender* e estimule o esforço de raciocinar (Rezende & Barros, 2005), visto que propicia a autonomia para encontrar as soluções para as questões propostas.

Concomitantemente a essa necessidade de introduzir novas tecnologias no fazer pedagógico em sala de aula, a inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) nos currículos tem ganhado cada vez mais espaço, criando uma ligação entre a física

da sala de aula e a física do cotidiano, permitindo ao aluno uma compreensão básica do mundo que o cerca e o desenvolvimento de suas habilidades e criatividade.

Não podemos continuar ensinando apenas a Física Clássica e não contemplar a Física Moderna, cujos conhecimentos dão estrutura e base para a maioria das tecnologias da sociedade atual. Além disso, vem se tornando cada vez mais recorrente o desenvolvimento de mídias de jogos, como *Battlestar Galáctica*, e filmes, como *Dejà vu* (2006), *Gravidade* (2013), *Interestelar* (2014) e *Star Wars* (2016), dentre outros, que abordam temas como viagens espaciais a galáxias distantes, buracos negros, buracos de minhoca e outros termos contemporâneos que fazem com que o estudante do Ensino Médio precise conhecer os fundamentos da física por detrás dessas mídias, a fim de acompanhar o que está vendo.

Os livros didáticos de Física como referências bibliográficas no Ensino Médio, recomendados pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC) em 2015, através do Guia do Livro Didático<sup>1</sup> (GLD), nos mostram que os autores estão cada vez mais abrindo espaço para a inserção da Física Moderna em seu conteúdo, já que todos eles trazem tópicos de FMC em suas coleções, como por exemplo, *Compreendendo a Física*, Gaspar (2013) ou *Física Contexto e Aplicações*, Máximo & Alvarenga (2013). Tal fato deve-se por não podermos mais fundamentar o ensino de Física apenas nas “descobertas ocorridas e teorias elaboradas até o século XIX” (Helou, 2001).

É preciso que o currículo escolar contemple a evolução da Ciência ao longo dos séculos e, para tal, faz-se necessário que o ensino da Física esteja atualizado, para que possa satisfazer a curiosidade dos nossos alunos sobre temas contemporâneos ao momento que vivem, levando-os a perceberem que a Física é um *continuum*, não apenas fruto de momentos de perspicácia de alguns cientistas ou filósofos que viveram em épocas distantes de nós. Ao buscarmos a atualização do currículo, não queremos, no entanto, apenas “...incorporar elementos da ciência contemporânea simplesmente por conta de sua importância instrumental utilitária” (Brasil, 2000, p.8). Antes, queremos criar condições para que os alunos compreendam, mesmo que minimamente, as técnicas e princípios científicos em que se o mundo atual se baseia.

Na Astronomia e Cosmologia, a gravitação newtoniana revolucionou o pensamento científico nos séculos XVII e XVIII, ao estabelecer as interações entre os corpos no universo. Os cálculos de órbitas dos astros, as trajetórias de sondas

---

<sup>1</sup> Guia do Livro didático: <http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/guias-do-pnld/item/5940-guia-pnld-2015>



espaciais e de satélites são perfeitamente determinadas pelas leis de Newton, porém, elas não explicavam satisfatoriamente a precessão da órbita de Mercúrio<sup>2</sup> próxima ao Sol e o desvio da luz por corpos massivos, o chamado lenteamento gravitacional (Hewitt, 2008). Esses fenômenos foram explicados satisfatoriamente apenas séculos mais tarde por Albert Einstein ao propor a Teoria da Relatividade Geral em 1915. Com esta teoria, Einstein redefiniu o conceito de gravitação estendendo-o para casos mais complexos como, por exemplo, a dinâmica global do Universo e a formação de estruturas em grandes escalas (Novello et al, 2010).

Acreditamos que a educação tenha que contemplar os novos conhecimentos tecnológicos para que o ensino da física como Ciência reflita o crescimento contínuo do saber. Avaliações de larga escala aplicadas aos alunos do sistema educacional brasileiro tais como SAEB<sup>3</sup>, SAERJ<sup>4</sup>, ENEM<sup>5</sup> e PISA<sup>6</sup> mostram que os estudantes brasileiros não apresentam um bom desempenho na área de Ciências da Natureza, onde a Física está inserida. Em 2006<sup>7</sup>, o Brasil ficou em 52º lugar dentre os 57 países que participaram do PISA, já em 2015<sup>8</sup> ele ocupou o 59º lugar dentre os 70 países participantes, ocupando a 63º colocação em Ciências, área de ênfase nos dois exames supracitados. Esses resultados apontam para o que temos presenciado em nossas salas de aula: nossos alunos são praticamente analfabetos funcionais em Ciências. Na maioria das salas de aula brasileiras o ensino de Ciências ainda é muito centrado no uso de livros, com uma sequência estanque e descontextualizada, indo em direção contrária ao proposto nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Mesmo com a reformulação dos livros didáticos utilizados no Ensino Médio, o ensino em sala de aula continua pautado no ato de decorar leis e aplicar fórmulas matemáticas, complementadas com a resolução de listas de exercícios como forma de verificação da “aprendizagem”.

Uma das linhas de pesquisa do Mestrado Nacional Profissionalizante em Ensino de Física é a atualização do currículo de Física para o Ensino Médio, de modo a

---

<sup>2</sup> A precessão do periélio já era conhecida desde o século XIX, porém uma parte do desvio não possuía explicação dentro das Leis de Newton.

<sup>3</sup> SAEB : <http://portal.inep.gov.br/saeb>

<sup>4</sup> SAERJ: <http://www.avaliacaoexternasaerj.caedufjf.net/>

<sup>5</sup> ENEM: <http://inep.gov.br/web/guest/enem>

<sup>6</sup> PISA: <https://www.oecd.org/pisa/aboutpisa/>

<sup>7</sup> <https://www.oecd.org/edu/school/programmeforinternationalstudentassessmentpisa/pisa2006results.htm>

<sup>8</sup> <http://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus-ESP.pdf>

contemplar resultados e teorias da FMC visando uma compreensão adequada das mudanças que esses conhecimentos provocaram e hão de provocar na vida dos cidadãos. Em concordância com o proposto, o tema escolhido para este trabalho foi a introdução ao estudo da gravitação na concepção da Teoria da Relatividade Geral com uma proposta pedagógica sócio construtivista, de modo que o aluno construa seus modelos científicos sobre a gravitação não apenas na visão de Newton, tradicionalmente trabalhada nessa etapa da Educação Básica, mas também explorando as teorias propostas por Einstein.

Tendo em vista os aspectos citados anteriormente, nosso objetivo principal é:

*propiciar situações para que os alunos do ensino médio assimilem a diferença qualitativa entre as teorias da gravitação de Newton e de Einstein.*

Para isto desenvolvemos uma hipermídia de maneira tal que os alunos possam explorar, de forma panorâmica, conceitos necessários de serem desenvolvidos acerca da gravitação, pois as hipermídias têm proporcionado resultados positivos em relação à educação e a aprendizagem (Rezende & Barros, 2005). Além disso, a hipermídia aborda o conhecimento das tecnologias desenvolvidas pela engenharia que permitem explorar e conhecer, cada vez mais, a estrutura e evolução do Universo.

A seguir, visando a prática pedagógica construtivista de Ausubel (1968) aplicamos a hipermídia em uma turma da 1ª série do ensino médio da escola particular onde o pesquisador é professor, de modo a alcançar nosso segundo objetivo:

*analisar o impacto do uso da hipermídia em sala de aula para a construção do conhecimento acerca do tema gravitação dentro da FMC.*

A dissertação foi estruturada de maneira que, no capítulo 2 trataremos da exposição dos pressupostos teóricos do ensino, abordando a aprendizagem significativa ausubeliana e o uso do computador na sala de aula com ênfase nas TIC e nas hipermídias. O capítulo 3 traz um panorama do ensino da física no Ensino Médio, assim como o ensino de FMC e de Cosmologia nos dias atuais. No capítulo 4 descrevemos o desenvolvimento e a construção da hipermídia, produto deste trabalho, bem como apresentamos o conteúdo tratado em seu teor e detalharemos a sua estrutura. O capítulo 5 faz o delineamento metodológico da aplicação do produto, fazendo a descrição do local onde ocorreu a pesquisa e a clientela atendida. Na sequência, evidenciamos os

questionários aplicados que viabilizaram a coleta de dados durante o processo de ensino, a análise dos dados levantados e a avaliação do produto pelos alunos.

No sexto e último capítulo apresentamos as considerações finais e as recomendações acerca do produto desta pesquisa, levantamos os principais pontos de nossas conclusões no que tange à aprendizagem do aluno com a proposta, assim como as implicações e/ou relevância deste trabalho para o ensino de Física, discutindo as perspectivas futuras. Ao final o Apêndice traz o plano de aula utilizado e os questionários produzidos durante o processo de aplicação do produto.

## Capítulo 2

### Fundamentos Teóricos Do Ensino

#### 2.1 A Aprendizagem significativa de Ausubel

A perspectiva teórica para a aprendizagem, proposta por Ausubel (1968), toma como ponto de partida o pressuposto epistemológico construtivista, na medida em que propõe o ser humano como centro construtor de seu conhecimento através de sua interação com o mundo físico e/ou social, seja por intuição, questionamento, erros, acertos ou ratificações de suas concepções prévias.

Tal construção é fator primordial para a eficácia do processo ensino-aprendizagem, porém a sequência estanque e compartimentada dos conceitos apresentados nos livros didáticos e apostilas — que em sua maioria os trata de maneira puramente matemática e, frequentemente, distante da realidade científico-tecnológica da modernidade — somada a uma carga horária semanal de dois tempos de cinquenta minutos em sala de aula, proposta da matriz curricular sugerida pelo MEC seguida pelas escolas públicas, contribuem para que os alunos se desinteressem pelo estudo da Física e pelo desenvolvimento das habilidades e competências necessárias para que estes se tornem questionadores da realidade que os cerca.

A *Teoria Ausubeliana da Aprendizagem Significativa* não visa propostas mirabolantes ou impossíveis de serem aplicadas no dia-a-dia da sala de aula (tratando aqui especificamente do sistema formal de ensino), mas sim, de uma teoria que diz respeito ao pressuposto maior da educação que é levar os alunos a assimilarem conceitos que permitam novas leituras e explicações do mundo que os cerca, para uma melhor qualidade de vida. Esse pressuposto só será atingido se o conceito for suficiente para dar conta de explicar satisfatoriamente as concepções prévias que eles já trazem de suas experiências vivenciadas no seu contexto social, ou seja, ser dotado de significado relevante.

Ao afirmar que aquilo que o aluno traz consigo é o que mais influencia sua aprendizagem

, Ausubel faz uma relação com a concepção de ser a educação um *continuum* cultural que as gerações atuais preparam para as gerações futuras e que, portanto, o aluno só assimilaria o conhecimento científico que pudesse ser associado a fatos relevantes de sua vivência pessoal, vivência essa que forneceria dados subsunçores, ou

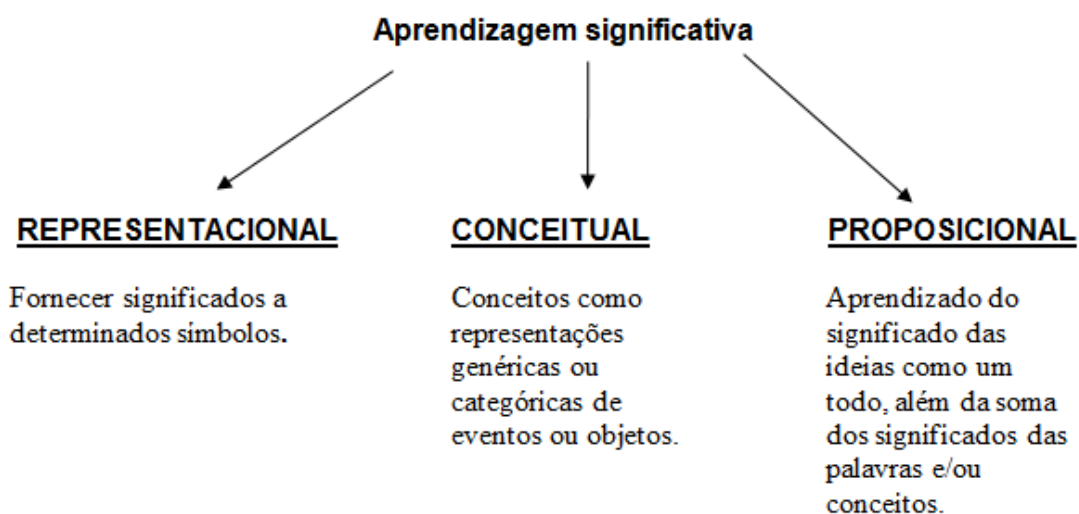
seja, conhecimentos específicos nos quais uma nova informação pode encontrar significado. Os subsunçores são importantes para o professor ancorar o conhecimento a ser adquirido pelo aluno, gerando mudanças em suas concepções prévias (Ausubel, 1968).

Esses subsunçores formam “*uma hierarquia conceitual na qual os elementos mais específicos de conhecimento são ligados (assimilados) a conceitos mais gerais, mais inclusivos*” (Ausubel, 1980, p.46). Ausubel propõe ainda, no campo das áreas de conhecimento totalmente novas para o sujeito, a colocação de materiais introdutórios — chamados organizadores prévios — que seriam uma ponte cognitiva entre o conhecido e o que está a ser descoberto, desde que não sejam genericamente abstratos, promovendo um interesse do aprendiz pelo novo.

A apropriação de significados claros, precisos, diferenciáveis e transferíveis pelo sujeito deve ser fruto da compreensão genuína de um conceito ou ideia a partir da aprendizagem significativa (Moreira, 1981). O educador deve, portanto, evitar avaliações que levem a uma memorização e sim, ao desenvolvimento de competências e habilidades pelas quais o sujeito seja capaz de compreender e solucionar situações problematizadoras.

Podemos distinguir três tipos de aprendizagem significativa, como esquematizado no quadro abaixo:

**Quadro 1 – Tipos de aprendizagem significativa**



Nos três casos, podemos ter aprendizagem:

- a) *subordinada*, quando se aprende em função de pré-requisitos;
- b) *superordenada*, quando a partir de um conceito assimilado, entende-se outros menores ou inclusos;
- c) **combinatória**, quando se aprende um conceito relacionando-o com toda a estrutura cognitiva, não apenas com aspectos específicos.

Temos então, na visão ausubeliana, que o sujeito aprendiz é aquele que se relaciona com o objeto (mundo físico), agindo sobre ele e dele recebendo influências não sendo, portanto, uma tábula rasa e vazia de ideias como a visão positivista, nem um sujeito dotado de competências cognitivas inatas que no tempo certo afloram, como os inatistas, mas sim um ser ativo, inquieto, indagador, questionador e centro do processo pedagógico.

Cabe ao processo educacional facilitar a aprendizagem significativa, levando em conta a estrutura cognitiva do aprendiz no momento em que o processo estiver em curso, estrutura essa que pode ser influenciada tanto substantivamente (usando conceitos unificadores e inclusos) como pragmaticamente (através da diferenciação progressiva, reconciliação integrativa, organização seqüencial e consolidação). Dessa forma ao professor lhe corresponde:

- a) o papel de facilitador/orientador que deverá buscar no aprendiz aquilo que ele já sabe para servir de subsunção;
- b) estabelecer uma estrutura sequencial que abranja desde os conceitos mais gerais aos mais específicos, fazendo um elo entre a estrutura conceitual do conhecimento a ser adquirido e a estrutura cognitiva do aluno para que a aprendizagem não fique compartimentada nem insignificante.

## **2.2 O computador e a sala de aula**

### *2.2.1 O uso do computador na escola*

Não se pode negar o fato de que o século XXI atravessa uma grande transformação social e tecnológica, iniciada nas décadas finais do século XX. A geração atual interage diariamente e cada vez mais cedo com instrumentos tecnológicos como celulares, *tablets*, *ipads* e computadores. A escola não pode ficar à margem dessa transformação, visto que recebe essa geração e com ela convive por

vários anos e, caso não se aproprie dos mesmos interesses e operacionalize seu fazer pedagógico de encontro com os interesses dos discentes, será uma instituição fadada ao insucesso.

A inserção das novas tecnologias nas atividades pedagógicas, principalmente o uso do computador em sala de aula ou como uma extensão da mesma, traz um novo fôlego para as aulas e aproxima a construção do conhecimento dos interesses de nossos alunos, visto que possibilita inovar, experimentar, construir e desconstruir, fugindo da rotina do dia-a-dia da sala de aula.

Dentro dessa visão de inovação o Brasil, juntamente com a França, e os Estados Unidos da América (EUA) foram pioneiros na implantação de computadores nas atividades pedagógicas embora possuíssem visões diferentes quanto ao seu uso. Três diferenças entre o programa de Informática na Educação do Brasil, França e EUA têm destaque (Valente, 1999):

- 1- a relação entre os órgãos de pesquisas e as escolas públicas, visto que na França as políticas adotadas pelo governo não foram, necessariamente, oriundas de pesquisas na área e, nos EUA, mesmo com diversas pesquisas produzidas as escolas poderiam ou não adotá-las para implantar a Informática na Educação;
- 2- no Brasil houve uma descentralização das políticas e a sistematização do trabalho que foi estabelecida entre o MEC e as instituições responsáveis pelo desenvolvimento das atividades de Informática na Educação;
- 3- na educação brasileira o computador poderia ser inserido para provocar mudanças pedagógicas profundas e não apenas automatizar o ensino ou preparar o aluno para trabalhar com a Informática.

No Brasil, o foco inicial foi a gama de pesquisas realizada dentro das universidades aliadas aos programas governamentais para educação em informática que tiveram início na década de 70. Dentre os programas do governo destacam-se o Programa Logo<sup>9</sup>, o EDUCOM<sup>10</sup> e o PROINFO<sup>11</sup>.

O Programa Logo foi desenvolvido na década de 1960 baseado na “*Linguagem Logo*” de Seymour Papert, matemático do Instituto Tecnológico de

---

<sup>9</sup> Programa Logo - <http://projetologo.webs.com>

<sup>10</sup> EDUCOM – projeto criado pela Comissão Especial N° 11/83- Informática na Educação, Portaria SEL/CSN/PR N° 001 de 12/01/83.

<sup>11</sup> PROINFO - <http://www.fnde.gov.br/programas/programa-nacional-de-tecnologia-educacional-proinfo>

Massachusetts (MIT, das siglas em Inglês). Essa linguagem de programação é voltada para o ambiente educacional, fundamentando-se na filosofia construtivista de Piaget e na área da Inteligência Artificial, que começava a se desenvolver no MIT. Essa linguagem propõe uma metodologia onde o aluno seria o construtor ativo de seu conhecimento. Ao realizar a programação seus erros permitiriam uma reflexão sobre novas formas de resolvê-los, levando o aluno a um ciclo de descrição-execução-reflexão-depuração como uma forma de aprendizado (Ferruzzi, 2001).

Foi estabelecida uma associação entre o MEC, através da Secretaria Especial de Informática (SEI), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). Em agosto de 1981 foi realizado o I Seminário Nacional de Informática Educacional em que são citadas algumas recomendações (Tavares, 2001):

- a) o uso do computador como um meio que ampliasse as funções do professor, ao invés de substituí-lo;
- b) adaptação da informática educacional para a realidade brasileira, com a valorização da cultura, dos valores sócio-políticos e a educação nacional.

A partir do seminário surgiu a ideia de criar projetos pilotos em informática educacional nas universidades que serviram de base para o projeto EDUCOM e o Programa de Informática na Educação.

O EDUCOM foi elaborado, em 1983, por uma comissão da SEI, com o objetivo de viabilizar a “popularização” da informática educacional que, na época, era restrita a algumas escolas particulares e raríssimas universidades, visto que o Brasil estava vivendo uma reserva de mercado que dificultava o acesso a *hardwares* e *softwares* estrangeiros, ao mesmo tempo em que a produção nacional não atendia a demanda interna. Tudo isso levava ao distanciamento da massa popular do acesso às novas tecnologias que eram extremamente caras. Entretanto, dentre os vinte seis projetos pilotos recebidos, cinco foram aprovados para serem implementados em centros-pilotos das universidades contempladas: Universidades Federais de Pernambuco (UFPE), Minas Gerais (UFMG), Rio de Janeiro (UFRJ) e Rio Grande do Sul (UFRGS) e na Estadual de Campinas (Unicamp).



*Várias foram as metas do projeto EDUCOM, uma delas era desenvolver a pesquisa do uso educacional da informática (entenda-se na época o uso da linguagem Logo e da linguagem Basic, disponíveis no Brasil), ou seja, perceber como o aluno aprende sendo apoiado pelo recurso da informática e se isso melhora efetivamente sua aprendizagem. Outra meta era levar os computadores às escolas públicas, para possibilitar as mesmas oportunidades que as escolas particulares ofereciam a seus alunos (Tavares 2001, p.45)*

Com base no EDUCOM e em projetos ligados a ele o governo lança, em 1989, o Programa Nacional de Informática Educativa (PRONINFE) para apoiar o desenvolvimento e a utilização da informática, principalmente na formação e capacitação de professores em todos os níveis de ensino.

O Programa Nacional de Informática na Educação (PROINFO), criado pelo MEC em 1997, tinha como objetivo promover o uso da tecnologia como instrumento enriquecedor do fazer pedagógico no ensino público fundamental e médio, visto que a demanda na época consistia em fornecer à parcela menos favorecida da população as condições mínimas de acesso às novas tecnologias que invadiam o mercado e a rotina da sociedade na virada do milênio.

As primeiras estruturas organizadas foram os Núcleos de Tecnologia Educacional (NTE) nos Estados cujas funções iniciais eram:

- a) motivar e sensibilizar as escolas para as novas TIC;
- b) apoiar o processo de planejamento das escolas que desejarem aderir ao PROINFO;
- c) realizar a capacitação e reciclagem dos professores e das equipes administrativas das escolas;
- d) assessorar pedagogicamente o uso da tecnologia no processo ensino-aprendizagem;
- e) acompanhar e avaliar esses processos acima na escola;
- f) treinar equipes de suporte técnico e fornecer apoio à resolução de problemas técnicos.

Cabendo aos estados, através das Secretarias Estaduais de Educação o desenvolvimento de projetos de tecnologia educacional que especifiquem o processo de implantação física dos equipamentos bem como do PROINFO.

A partir de 12 de dezembro de 2007, com a criação do Decreto nº 6.300<sup>12</sup>, o PROINFO passou a ser *Programa Nacional de Tecnologia Educacional*, e seu principal objetivo é de promover o uso pedagógico das TIC nas redes públicas de educação básica. Hoje, inúmeras escolas das redes públicas, estadual e municipal, de ensino possuem salas ou laboratórios de informática com acesso à internet. Cada dia mais discentes têm acesso a um computador, *tablets* ou *smartphones*, tornando-se estes instrumentos tecnológicos presentes no dia-a-dia dos nossos alunos. Esse avanço na inserção tecnológica nos impele, enquanto professores, à necessidade de criarmos situações pedagógicas onde esses instrumentos estejam presentes.

### 2.2.2 O Professor e as Ferramentas Pedagógicas:

A necessidade de tornar o uso de ferramentas tecnológicas presente no cotidiano pedagógico é indiscutível, pois o papel do educador não é apenas o de propiciar a construção do saber científico nos educandos, mas oportunizar aos mesmos o desenvolvimento de competências que o permitam:

- a) desenvolver o pensamento autônomo e o raciocínio lógico;
- b) saber pesquisar, sintetizar e elaborar teorias;
- c) desenvolver a habilidade de comunicar-se, de aprender a trabalhar coletivamente e colaborativamente integrando conhecimento, prática e situações do cotidiano tendo uma visão holística.

Para alcançar essas competências o professor deve exercer o papel de agente mediador do processo ensino-aprendizagem, otimizando o uso das ferramentas tecnológicas disponíveis, de modo a elevar a qualidade do processo e atender a demanda de uma sociedade em constante inovação, onde a aquisição de informação depende cada vez menos do professor por estar disponível nas mídias. Nesse sentido a internet tem um papel facilitador para o ensino cooperativo, onde a navegação por meio de vários *links* estimule o espírito da pesquisa científica através de questões problematizadoras mediante as quais professores e alunos interpretem e façam releituras dos conhecimentos estabelecidos e ampliem seus horizontes em fóruns de discussões (Brandão, 1995).

---

<sup>12</sup> Dispõe sobre o Programa Nacional de Tecnologia Educacional - ProInfo.  
<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2007/decreto-6300-12-dezembro-2007-566380-norma-pe.html>

As escolas têm sido equipadas com ferramentas como TV, DVD, projetores multimídia, lousa digital e laboratórios de informática através de programas como PROINFO já citados anteriormente. Porém, as tecnologias sozinhas por si só não tem sentido, não trazem mudanças para a escola, mas trazem várias possibilidades de apoio ao professor que quer inovar seu fazer pedagógico. Cabe ao professor a tarefa de buscar tais ferramentas e aprender a utilizar essas tecnologias para a construção dessa prática pedagógica.

A motivação e o desejo de mudar a prática pedagógica é o fator principal para o sucesso da aplicação das ferramentas tecnológicas, contudo, a preparação do professor para a utilização das mesmas ainda é deficiente, devido principalmente a dois motivos:

- 1- a formação acadêmica, em sua maioria, é deficitária e não contempla cadeiras que prepare o professor para tal prática. Em muitos casos o professor chega à sala de aula conhecendo bem menos do que seus alunos sobre o uso de novas tecnologias;
- 2- vários professores ainda se recusam a investir no desenvolvimento de habilidades para trabalhar com tais ferramentas por medo de se tornarem obsoletos em sala de aula com a disseminação das TIC.

O professor precisa repensar sua prática e seu papel, de modo a preparar atividades que estimulem os alunos a interpretar as informações disponíveis, contextualizá-las e relacioná-las ao seu cotidiano. Logo o mesmo deve procurar conhecer as diferentes possibilidades do uso de ferramentas tecnológicas, passando a ser um organizador do conhecimento e da aprendizagem e não mais um transmissor de saberes. Tal papel exigirá que o professor assuma mais a postura de orientador, motivador e tutor do que de expositor de conteúdos. Assim o professor do século XXI precisa apropriar-se desse fazer pedagógico, seja por conta da sua curiosidade em aprender ou pela formação continuada em cursos de especialização.

O professor também deve reconhecer que as novas tecnologias de informação dominam a sociedade e precisam estar presentes na sala de aula e que estas podem ser ferramentas potencializadoras do processo ensino-aprendizagem e o seu objetivo deve ser o de trazer o *aluno multimídia* dos dias de hoje para seu lado nesse processo, tornando-o mais próximo de si, fortalecendo a ação didático-pedagógica. Uma parceria deve ser estabelecida entre professores e alunos na construção cooperativa do conhecimento, permitindo que os alunos tenham voz em seus questionamentos e que a realidade em que estão inseridos seja relevante para a construção de um saber científico que tenha

significado. Nesse diálogo o professor deve procurar sempre desafiar os alunos a construir um pensamento superior e estimulá-los a aprender (Almeida, 2000), ou seja, é preciso soltar as amarras dos antigos modelos de educação centrados no professor e reconhecer que a tecnologia digital dentro da sala de aula é um instrumento facilitador dessas mudanças.

### 2.2.3 Tecnologias da Informação e Comunicação

As TIC correspondem ao conjunto de recursos tecnológicos tais como computadores, DVDs, vídeo games, internet entre outros e que devem ser utilizadas pelos professores para que estes possam desenvolver uma práxis pedagógica mais dinâmica, transformando o modelo tradicional de modo a propiciar a modernização da educação e a troca de experiências pelo ciberespaço. Essa ideia é reforçada ao considerar que o ciberespaço, representado pela internet, é uma ferramenta de grande importância na construção do conhecimento do aluno ao permitir a interação e a colaboração coletiva nesse processo (Lévy, 1993).

A utilização da internet como instrumento dinamizador do processo ensino-aprendizagem precisa ser direcionada de modo que o aluno não perca o foco no conhecimento a ser construído. Carvalho & Struichimer (2005) estabeleceram três categorias teóricas para a construção de práticas metodológicas ao se utilizar a internet:

a) *interatividade* - envolve uma sinergia entre sujeitos de experiências diversas, entre ferramentas e atividades culturalmente organizadas, dependentes da relação entre grupos, desejos, motivações, culturas, interesses individuais e sociais, havendo uma interpelação mediada pela comunicação em grupos;

b) *cooperação* - é uma relação compartilhada entre sujeitos na interação, no desenvolvimento da aprendizagem e na realização de projetos de interesse comum;

c) *autonomia* - é considerada como a capacidade do sujeito em determinar-se, escolher, apropriar-se e reconstruir o conhecimento produzido culturalmente em função de suas necessidades e interesses. Caracteriza-se pela responsabilidade, autodeterminação, decisão, auto avaliação e compromisso a partir da reflexão de suas próprias experiências e vivências.

Conhecer e compreender as categorias teóricas propostas é fundamental para entender o comportamento dos usuários com a utilização das TIC para a construção do conhecimento.

Dentro da perspectiva de uma sala de aula mais dinâmica com o uso do computador, as TIC têm possibilitado mudanças na práxis pedagógica, sendo utilizada como mediadora no processo de aprendizagem. Como afirmam Porcino & Gaspar (2012), o computador em sala de aula pode ser uma novidade em que a utilização de recursos audiovisuais como sons, imagens e vídeos ajude a construir conceitos, facilitando a compreensão dos mesmos.

O uso do computador em sala de aula permite a renovação do ambiente escolar visto que o aluno pode obter diferentes informações sobre um mesmo conteúdo, buscando informações próprias às suas necessidades e realidade. A presença de novas tecnologias em sala de aula é uma realidade cada vez mais exigida pela sociedade multimídia em que nosso aluno está inserido. Cabe aos professores traçar os objetivos e estratégias para sua aplicação no ambiente escolar de maneira que o aluno, com o uso das TIC, seja direcionado a pensar, refletir, buscar e selecionar o que será mais apropriado para a construção do conhecimento, ou seja, que o aluno aprenda a pesquisar cientificamente pelo ciberespaço. Juntamente com a escolha do conhecimento que se quer construir com os discentes, temos que nos preocupar em como torná-lo atrativo para os mesmos. Nesse contexto, as pesquisas no campo das TIC aplicadas ao ensino de ciências que têm demonstrado relevância são aquelas que propõem a construção de hipermídias e como elas podem colaborar no processo de ensino-aprendizagem (Rezende & Barros, 2005).

#### *2.2.4 Hipermídias*

Um recurso tecnológico desenvolvido com o uso do computador e do ciberespaço para a práxis pedagógica e que possui ampla aplicação são as hipermídias. Para compreendermos o conceito deste recurso precisamos, em primeiro lugar, fazer a relação entre hipertexto e multimídia. Hipertextos são conjuntos de informações sob a forma de texto e/ou imagens, organizados não sequenciados, que ligam-se por palavras-chave, destacadas no texto por outra cor, permitindo a navegação entre um texto e outro. A multimídia abrange os diversos meios possíveis a ser utilizados para representar uma informação, tais como áudio, imagens, simulações, vídeos, animações, etc.

Segundo Lefrancois et al (2011) a hipermídia é a interseção entre o hipertexto e a multimídia formando um conjunto de apresentações contendo imagens, vídeos, sons e textos pré-organizados que respondem às interações do usuário, podendo ser explorada de forma livre ou consultada de forma padronizada.

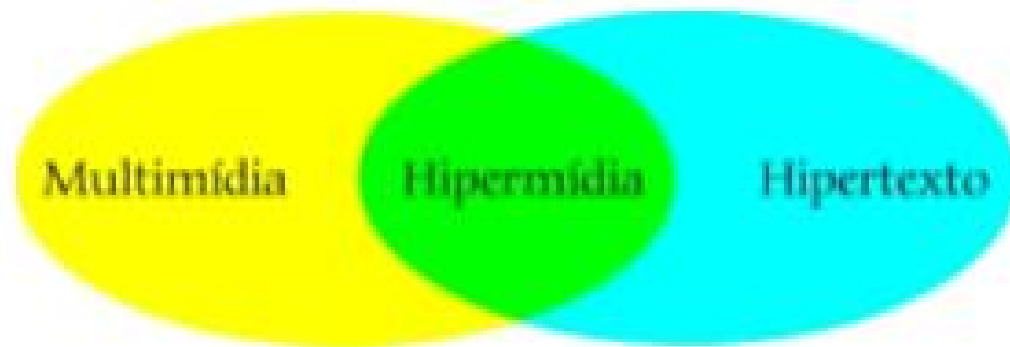


Figura 2.1: Relação entre hipertexto, multimídia e hipermídia.

Fonte: Física na Escola, v. 6, n. 1, p. 64, 2005.

O princípio básico da hipermídia se fundamenta nas relações entre as janelas ou nós que apresentam as informações e como elas permitem ao usuário viajar entre um nó e outro, estabelecendo *links* entre as informações contidas no banco de dados do documento no formato multimídia. Babbit & Usnick (1993) ressaltam ser a hipermídia um ambiente favorável para auxiliar os estudantes a desenvolver ligações entre conceitos, definições, representações e aplicações do fenômeno estudado, intensificadas pelo uso de imagens, sons, movimentos, gráficos e simulações. O conhecimento construído com esses recursos é potencialmente mais rico do que aqueles oriundos de uma apresentação tradicional.

Os sistemas de hipermídias têm muitas definições, mas a que tomaremos como base para nosso trabalho é aquela proposta por Gosciola apud Medina (2007), na qual a hipermídia é um conjunto de meios que permite um acesso simultâneo, interativo, não linear e personalizado de textos, imagens e sons.

Por suas características, uma hipermídia permite que o usuário faça uma leitura não sequencial, diferentemente dos textos tradicionais. Essa nova estrutura permite que o texto seja apresentado em diversas ordens e níveis de detalhes que serão acessados conforme o interesse e habilidade do usuário, porém sem significar que não haja uma coerência e ou uma sequência lógica na organização da hipermídia, significa apenas que o usuário tem liberdade para navegar. A hipermídia também pode ser trabalhada em visitas guiadas nas quais o usuário só pode avançar linearmente, para frente ou para atrás, seguindo uma ordem pré-estabelecida. Estas visitas guiadas são interessantes de se usar quando os objetivos e conceitos a serem desenvolvidos são escolhidos e estrategicamente estruturados para levar o usuário a construir um modelo ou representação de um conceito científico específico. Ainda segundo Machado & Santos

(2004) ter várias possibilidades de escolha de texto, gráfico e som nas diversas modalidades de mídia, reforça as oportunidades para o aprendizado e a diminuição do tédio dos estudantes.

As hipermídias têm sido utilizadas desde o final da década de oitenta na educação. Diversas pesquisas sobre o uso de novas tecnologias no ensino já foram realizadas, apresentando resultados favoráveis para o uso de hipermídias, *softwares*, animações e outros recursos do uso de computadores no processo ensino-aprendizagem (Araújo, 2002; Cordeiro, 2003; Machado, 2004; Gonçalves, 2005; Pires, 2005; Artuso, 2006).

Três características das hipermídias são apontadas por como sendo importantes para a educação (Marchionini, 1988):

a) elas são capazes de armazenar uma grande quantidade de informações nos mais diversos meios de representá-las, permitindo que conteúdos extensos e variados sejam reunidos e disponibilizados ao usuário em um único documento;

b) o elevado nível de controle do sistema pelo usuário, o que leva o aluno a uma constante tomada de decisões e avaliação de progresso, propiciando o desenvolvimento de habilidades e escolha de objetos por parte destes ao navegar pela hipermídia;

c) possuem potencial para modificar os papéis de alunos e professores, bem como as interações críticas entre eles já que permite que os alunos criem associações e interpretações exclusivas das informações de um hiperdocumento, proporcionando experiências mais ricas, mediadas pelos professores.

O ensino tradicional tem, na verdade, reduzido significativamente o interesse do aprendiz pela Ciência. O uso de computadores e seus recursos devem ser encarados pelos professores como uma ferramenta de grande relevância na ampliação do saber dos alunos, pois além de melhorar a sinergia entre eles, permite a construção colaborativa dos saberes. Vale a pena frisar que a internet é um local onde nossos alunos sentem-se à vontade, sendo neste espaço, portanto, que buscaremos um recurso para que o modelo a ser construído tenha êxito.

## Capítulo 3

### A Física no Ensino Médio

#### 3.1 O Ensino da Física

No Brasil, as necessidades do mercado de trabalho sempre tiveram forte influência nas políticas públicas educacionais e por isso, ao propormos uma discussão sobre o processo ensino-aprendizagem da Física no Ensino Médio das escolas, precisamos levar em conta o processo histórico/político do cenário nacional.

Segundo a pesquisa desenvolvida por Rosa (2005), a Física foi inserida no contexto educacional de forma efetiva apenas em 1837, com a fundação do Colégio Pedro II no Rio de Janeiro e seu ensino era centrado na transmissão de conteúdos com aulas expositivas, objetivando apenas o acesso aos cursos subsequentes, atendendo aqueles que dariam continuidade aos estudos nos cursos superiores. Somente quase um século depois, em 1934, seria criado o primeiro curso de graduação de Física – *Scientias Physicas* – ministrado pela Faculdade de Philosophia, Sciencias e Letras da Universidade de São Paulo. A partir da década de 1950 a Física entra para o currículo da educação básica (ensinos fundamental e médio) para atender a uma demanda do processo de industrialização que o país atravessava. Nesse novo cenário o ensino da Física voltou-se para o modelo conteudista experimental, ou seja, a aquisição de atividades laboratoriais constavam de demonstrações realizadas pelo professor, exigindo que os alunos, por si só, colocassem mãos à obra, montando e realizando, eles mesmos, atividades práticas e experimentais. Diversas escolas receberam *kits* para a montagem desses experimentos. A mudança econômica, política e social trouxe a necessidade de uma reforma no sistema educacional e a primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), Lei 4024/61<sup>13</sup>, foi instituída em 1961.

Nessa perspectiva, a Ciência era vista como a responsável pelo progresso mundial. A corrida espacial, o desenvolvimento bélico e a industrialização mundial estimulavam o aspecto técnico da Ciência. Na década de 1970 a corrida pela modernização despontava no Brasil e o ensino de Ciências passou a ser considerado a mola mestra para alavancar o desenvolvimento do país. Era preciso que os alunos se apropriassem do conhecimento

---

<sup>13</sup> LDB 40124/61 - <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4024-20-dezembro-1961-353722-publicacaooriginal-1-pl.html>



científico que estava sendo construído no mundo ocidental para atingirmos o nível de desenvolvimento das grandes potências (Gouveia, 1992). A era da formação para o trabalho estava sendo instaurada e o ensino profissionalizante ganhava seu destaque e o ensino de Ciências estava adaptando-se a esse novo modelo.

Vieram as décadas de 1980 e 1990 e com elas as mudanças políticas que aconteceram no Brasil e que novamente levaram a se (re)pensar o papel da educação. No cenário mundial a tecnologia avançava a passos largos e já não se podia desvincular a Ciência da Tecnologia e o benefício de ambas para a sociedade. Em 1996 foi promulgada a nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei 9394/96<sup>14</sup>. Em particular o Art. 35<sup>15</sup> dá ênfase às finalidades do Ensino Médio como forma de preparação para o trabalho e, identifica o novo perfil do mesmo como o de ser a etapa conclusiva da educação básica para formar cidadãos com condições de exercer seus direitos e deveres (Ricardo, 2014). Assim, o ensino médio não poderia mais ficar preso ao acúmulo de informações com expectativas de acesso ao ensino profissionalizante ou aos cursos superiores.

Os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais<sup>16</sup> (PCN+) atestam que é preciso dar significado ao aprendizado de Física e para isso a prática pedagógica deve conter um diálogo mais amplo com a vivência do aluno, da escola e da comunidade local sem, no entanto, restringir o conhecimento à compreensão dos fatos ocorridos nesses âmbitos. Trata-se de dar aos educandos uma visão de mundo atualizada para que estes tenham condições de agir sobre sua realidade, valorizando-a e transformando-a de maneira positiva.

Os PCN+ recomendam que a Física deva deixar de ser propedêutica e passe a ter o foco na preparação para a cidadania e uma melhor compreensão de mundo. Uma

---

<sup>14</sup> LDB 9394/96: [http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394\\_ldbn1.pdf](http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394_ldbn1.pdf)

<sup>15</sup> **Art.35.** O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

- I – a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;
- II – a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
- III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
- IV – A compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

<sup>16</sup> PCN +: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>

Física que permita ao educando tanto o domínio das informações tecnológicas atuais e dos fenômenos com que efetivamente lidam como também fazê-los autônomos para aprendizagens futuras visto que as transformações sociais e culturais e a evolução científica são muito dinâmicas na atualidade.

O ensino de Física deveria acompanhar esse novo perfil do Ensino Médio, porém o que vemos, todavia no século XXI, é que o fazer pedagógico do professor ainda está fortemente identificado com o que se propunha há cem anos. Em concordância com Moreira (2014), no Quadro 2 estabelecemos algumas características de como está o ensino de Física hoje e de como ele deveria ser, porém não tratamos aqui da parte experimental no ensino da Física, pois não é o foco deste trabalho.

**Quadro 2- O ensino da Física: como está e como deveria estar no século XXI.**

<b>Como está o ensino de Física no século XXI</b>	<b>Como deveria ser o ensino de Física no século XXI</b>
Centrado no docente, na aprendizagem mecânica de conteúdos desatualizados.	Centrado no aluno e no desenvolvimento de competências científicas como modelagem, argumentação, comunicação, validação...
Não incorpora as TIC.	O professor e o computador como mediadores, fazendo uso intensivo de tecnologias de informação e comunicação, por exemplo, em laboratórios digitais.
Basicamente do tipo “ensino para testagem”, focado no treinamento para dar respostas corretas.	Focado na aprendizagem significativa de conteúdos clássicos e contemporâneos.
Ao invés de buscar a interfaces e integrações entre disciplinas, as compartimentaliza ou supõe que não existem.	Busca a interdisciplinaridade para que o aluno tenha uma visão holística do conhecimento.
Continua se ocupando da Física Clássica, não incorporando a FMC, baseado em um único livro de texto ou em uma apostila.	Não ficar buscando talentos, por exemplo, em Física, mas começar a desenvolver talentos, fundindo a aprendizagem ativa centrada no aluno com a prática deliberada. Ensino de Física não é uma questão de encher um cérebro de conhecimentos, mas de desenvolver esse cérebro em Física.

### 3.2 O Ensino da Física Moderna

Não apenas o fazer pedagógico na construção dos conhecimentos em Física precisa acompanhar as mudanças da sociedade, como o próprio currículo tem que ser atualizado de acordo com a evolução da Ciência para satisfazer a curiosidade de nossos alunos sobre temas contemporâneos, percebendo a Física como uma realidade atual e não apenas intuições de alguns cientistas e/ou filósofos que viveram em séculos longínquos.

Ao buscarmos a inserção da FMC no currículo, procuramos não tratar apenas da incorporação de conhecimentos da ciência contemporânea devido a sua aplicação imediata nas tecnologias atuais, mas sim oportunizar aos educandos uma visão de mundo atualizado com uma compreensão mínima das técnicas e princípios científicos que norteiam essas aplicações (Gaspar, 2000). Isto requer que haja uma sinergia entre a Física da sala de aula e as descobertas e avanços no mundo científico do Brasil e do mundo (Oliveira, 2007).

Algumas razões para uma práxis mais atual para o Ensino de Física foram apontadas por Ostermann & Moreira (2000) e dentre elas destaca-se o fato de os alunos ouvirem falar de temas como buracos negros e *Big Bang* em filmes, seriados, desenhos animados e games, mas quase nunca na sala de aula, deixando de lado a principal ideia da FMC para uma melhor compreensão da natureza do trabalho científico. A legislação vigente para a orientação do currículo de Física aponta para a necessidade de deixar que o conhecimento de Física seja um objetivo em si mesmo para ser entendido como um instrumento para a compreensão do mundo, transformando-se em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir. Para tal, a prática pedagógica deve priorizar o *para que ensinar Física* ao invés de tomar como referência primeira o *que ensinar de Física* (Brasil, 2002).

Tratando-se especificamente da Cosmologia, o texto do PCN+ insere em um de seus Temas Estruturadores para o currículo de Física o tema “Universo, Terra e Vida”, pois considera ser indispensável que o jovem tenha uma compreensão de natureza cosmológica, permitindo a discussão das diversas hipóteses, modelos e formas de investigação do Universo para que possa refletir sobre sua presença e lugar na história. Esse tema dá uma ênfase à interação gravitacional, pois são analisados sistemas massivos muito maiores que aqueles comparados aos que observamos diretamente no cotidiano (Brasil, 2002).

### 3.3 O Ensino da Cosmologia

#### 3.3.1 *Cosmologia Moderna*

Ao longo dos séculos, a fundamentação mitológica e os preceitos religiosos deram espaço para as novas teorias físicas e a evolução tecnológica aplicada às observações de fenômenos astronômicos fez surgir a Cosmologia Moderna (Martins, 2016). Para entender essa afirmativa faremos uma revisão histórica dos avanços no tema de conhecimento Cosmologia.

É apenas no século passado que a concepção atual do modelo de Universo começou a ganhar forma quando Albert Einstein desenvolveu a formulação da Teoria da Relatividade Geral em 1915 e as tentativas de Hertzprung em 1914; Shapley em 1915; Lundmark em 1920; Opik em 1921 e Hubble em 1924 de entender a natureza das “nebulosas espirais” quando foram feitas as primeiras medidas das distâncias de galáxias individuais (Tammann & Reindl, 2002).

É importante frisar que Einstein usou a Teoria da Relatividade Geral com o intuito de explicar que a opinião de alguns cientistas que universo era dinâmico estava errada, já que este defendia a ideia de um universo estático. De fato, quando Einstein construiu seu primeiro modelo cosmológico, incluindo uma constante cosmológica em suas equações relativísticas, obteve a solução para um Universo Estático. Esse pensamento foi mantido até 1929, quando Hubble obteve uma medida do afastamento de galáxias (Tammann & Reindl, 2002), contrariando o modelo estático em que Einstein acreditava e promovendo a mudança do paradigma de um universo estático para um dinâmico e em expansão.

Os estudos de Friedmann e Lemaître (década de 1920) abandonavam a constante cosmológica proposta por Einstein e previam um universo em expansão, tornando-se cada vez menos denso e resfriando-se, em concordância com as observações de Hubble. Muito questionado por vários astrônomos e cosmólogos, inclusive o próprio Einstein, o modelo evolutivo dinâmico, como era então conhecido, ganhou força ao final da década de 1940, quando Gamow, Alpher e Herman introduzem o modelo de um universo primitivo como uma sopa de matéria e radiação em condições extremas de densidade, temperatura e pressão — em ordens de grandeza muito maiores que as energias alcançadas nos laboratórios de hoje, e que com o passar do tempo (bilhões de anos), foi expandindo e ao mesmo tempo andou se esfriando cada vez mais (Horvath et al 2007; Novello et al 2010; Singh, 2014).

Nessa mesma época, *Hoyle*, *Gold* e *Bondi* questionaram tal modelo, afirmando que a expansão do universo aconteceria, porém ele manteria sua densidade inicial, pois nova matéria estaria sendo formada a todo instante, criando novas galáxias nos espaços vazios deixado pela expansão das já existentes. Curiosamente, durante um programa de rádio, Fred Hoyle acabou batizando o modelo evolutivo dinâmico ao referir-se a ele de modo pejorativo como *Big Bang*, nome pelo qual ele é conhecido até os dias de hoje (Singh, 2014).

Na década de 1960, Penzias e Wilson descobrem, acidentalmente, a radiação cósmica de fundo (RCF) que já havia sido prevista por Gamow e seus companheiros, como relíquia do universo quando este se tornou transparente à radiação, fornecendo uma valiosa evidência ao modelo *Big Bang*. Trinta e dois anos depois, em 1992, o satélite COBE descobre variações na RCF que seriam responsáveis por variações na densidade no universo primitivo que teriam iniciado a formação das galáxias (Singh, 2014). Ainda mais, na última década, as sondas espaciais *Wilkinson Microwave Anisotropy Probe* (WMAP<sup>17</sup>) e *Planck*<sup>18</sup> realizaram um mapeamento do céu na faixa de micro-ondas com uma resolução de algumas dezenas de segundos de arco, permitindo conhecer as incertezas da variação relativa da temperatura da RCF e da densidade de matéria ordinária (Novello et al, 2010) . Essas medidas confirmavam de uma forma indireta a homogeneidade e isotropia do universo (em grandes escalas) como previsto na teoria do Big Bang, sacramentando esse modelo dentro da visão da cosmologia moderna.

Por outro lado, desde a descoberta da expansão do cosmo, acreditava-se que esta deveria ser desacelerada, pois a gravidade é uma força atrativa e que, portanto, provocaria tal frenagem. Em particular, a componente responsável por essa atração gravitacional em grande escala seria a Matéria Escura<sup>19</sup>, proposta para explicar as curvas de rotação constantes a grandes distâncias dos centros galácticos obtidas por Vera Rubin em 1970 (Makler, 2010). Em 1998, através de observações de supernovas

---

<sup>17</sup> <https://map.gsfc.nasa.gov/>

<sup>18</sup> <https://www.cosmos.esa.int/web/planck>

<sup>19</sup> Na verdade, a primeira evidência da matéria escura foi obtida em 1933 por Fritz Zwicky e colaboradores, ao medir as velocidades relativas de galáxias no aglomerado de Coma para estimar a massa do mesmo. Surpreendentemente ao comparar a razão massa-luminosidade desse aglomerado com as estrelas do mesmo, obtiveram valores duas ordens de grandeza superiores. Esse resultado inédito para a época trazia um novo paradigma: que a “matéria luminosa” era insuficiente para explicar o movimento das galáxias no aglomerado — o famoso problema da massa faltante. Essa análise foi repetida inúmeras vezes para outros aglomerados tendo a mesma conclusão, que a maior parte da matéria não poderia ser sob a forma de estrelas. Na época esses resultados foram muito controversos, e o conceito de Matéria Escura só ganhou força com os trabalhos de Vera Rubin (Novello et al, 2010).

do tipo Ia, SNIa<sup>20</sup>, feitas pelos grupos norte-americanos comandados por Perlmutter<sup>21</sup>, Riess<sup>22</sup> e Schmidt<sup>23</sup>, ganhadores do Prêmio Nobel de Física em 2011, sugeriam que tal expansão é acelerada, acrescentando um novo questionamento ao estudo da Cosmologia Moderna: o que estaria provocando tal fenômeno? Para explicar essa expansão acelerada fez-se necessário um novo ingrediente ou uma modificação na teoria de gravitação. Dentre todas possibilidades apontadas consideraremos a Constante Cosmológica como sendo uma das candidatas à Energia Escura. Este tipo de energia é uma componente exótica e desconhecida com pressão negativa, cujo efeito é contrário ao da atração gravitacional, que não emite radiação e nem interage com a luz (Horvath et al, 2007; Peter & Uzan, 2009; Novello et al, 2010; Ellis, 2012).

Assim nessa nova visão da Cosmologia, o Universo é tido como uma representação racional capaz de unificar tudo o que existe - matéria, radiação, energia e espaço-tempo, na forma de uma estrutura excepcional com centenas de bilhões de galáxias, cada uma delas contendo centenas de bilhões de estrelas (Novello et al, 2010).

### 3.3.2 A Cosmologia na Educação Básica

A FMC traz para o século XXI assuntos que despertam o interesse de muitos jovens nos temas de Astronomia e Cosmologia por serem pertinentes ao seu tempo e tratados constantemente na mídia e em filmes e/ou séries, como verificado pela implementação do projeto ROSE<sup>24</sup> na Universidade de São Paulo (Neto, 2008). O tema estruturador Universo, Terra e Vida, incluído nos PCN+, ressalta o interesse dos jovens pela Cosmologia Moderna:

*Confrontar-se e especular sobre os enigmas da vida e do universo é parte das preocupações frequentemente presentes entre jovens dessa faixa etária. Respondendo a esse interesse, é importante propiciar-lhes uma visão cosmológica das ciências que lhes permita situarem-se na escala de tempo do universo,*

---

<sup>20</sup> SNIa – São os indicadores de distância mais promissores na cosmologia observacional. A origem da SNIa é a explosão de anãs brancas, sendo sua luminosidade comparável com a de uma galáxia inteira, por exemplo. Para o leitor interessado nas contribuições dessas supernovas para a cosmologia, recomenda-se o cap. 4 de Peter & Uzan (2009).

<sup>21</sup> Saul Perlmutter - responsável pelo trabalho «The Supernova Cosmology Project», desenvolvido pela Lawrence Berkeley National Laboratory da Universidade da Califórnia que funciona em Berkeley, nos Estados- Unidos da América.

<sup>22</sup> Adam Schmidt - coordenador da equipe «The High-z Supernova», da Universidade Nacional da Austrália.

<sup>23</sup> Brian Riess, coordenador da mesma equipe de Schmidt, porém trabalha na Universidade Johns Hopkins e no «Space Telescope Science Institute», em Baltimore (EUA).

<sup>24</sup> ROSE : O Projeto Relevance of Science Education, ROSE, foi desenvolvido por pesquisadores noruegueses para verificar os temas de interesse de estudo dos jovens em diversas instituições de ensino superior. <http://roseproject.no>

*apresentando-lhes os instrumentos para acompanhar e admirar, por exemplo, as conquistas espaciais; as notícias sobre as novas descobertas do telescópio espacial Hubble, indagar sobre a origem do universo ou o mundo fascinante das estrelas, e as condições para a existência da vida, como a entendemos no planeta Terra (BRASIL 2002, p. 78).*

Embora o tema de Cosmologia Moderna seja de interesse dos jovens, percebemos que o ensino da mesma está distante das salas de aula brasileiras. Pesquisas sobre o ensino de Cosmologia Moderna, principalmente nos anos finais da Educação Básica, revela que há de se fazer, muito mais ainda, para que esta se efetive como tema do conteúdo da Física. Lemos (2009) aponta alguns motivos para a defasagem entre a física da sala de aula e os avanços tecnológicos:

- a) a escassez de material didático adequado;
- b) os baixos salários dos profissionais da educação e
- c) a formação inicial e continuada deficitária no que diz respeito à Cosmologia Moderna, levando ao despreparo do professor.

Ainda, segundo Jardim & Guerra (2011), os cursos de Licenciatura quase sempre não oferecem um bom curso de Cosmologia Moderna, apesar da FMC estar consolidada dentro do currículo de Física no Brasil.

Embora desde meados de 1980 já se questione a importância da inserção de FMC na Educação Básica, o fomento de pesquisas na área de ensino de Cosmologia Moderna ainda caminha a passos curtos no Brasil, por exemplo, apenas cinco dissertações sobre Ensino de Astronomia haviam sido publicadas no Banco de Teses e Dissertações sobre Educação em Astronomia, entre os anos 2005 e 2011 (Martins, 2016). Em complemento, um levantamento feito por Santos (2014) revelou que o tema Cosmologia aparece apenas

- a) em dezoito resumos de atas dos principais eventos de ensino de Física no período 2005 a 2013, a saber o Encontro de Pesquisa em Ensino de Física - EPEF, o Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências - ENPEC, o Simpósio Nacional de Ensino de Astronomia - SNEA e o Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF.
- b) Em três periódicos entre 1989 e 2005, a saber a Revista Brasileira de Ensino de Física - RBEF, o Caderno Brasileiro de Ensino de Física - CBEF e a Revista Latino-americana de Ensino de Astronomia – RELEA.
- c) Em catorze dissertações e três teses no período 1996 a 2012 no Banco de teses e dissertações da CAPES, na Biblioteca de teses e dissertações da

USP e na coletânea de teses e dissertações elaborada por Bretones e Megid Neto em 2005 (atualizada em 2008 por Langhi).

Essa análise o levou a concluir que a Cosmologia Moderna, de maneira geral, é pouco abordada como tema próprio da FMC, e ainda mais, ela é apenas um tema norteador ou motivador em trabalhos que têm como foco as discussões sobre Natureza, História e Filosofia da Ciência e Religião (Santos, 2014).

Os documentos legais que orientam o ensino da Física na Educação Básica, PCN+, propõem uma mudança no currículo, incentivando e orientando a inclusão da FMC no Ensino Médio, trazendo uma abordagem mais atual em uma proposta que busca promover a construção contextualizada do conhecimento. Dentro dessa perspectiva, a abordagem da Cosmologia Moderna é recomendada para propiciar ao estudante uma visão científica do mundo, levando-o a:

*[...] refletir sobre sua presença e seu “lugar” na história do Universo, tanto no tempo como no espaço, do ponto de vista da ciência. Espera-se que ele, ao final da educação básica, adquira uma compreensão atualizada das hipóteses, modelos e formas de investigação sobre a origem e evolução do Universo em que vive, com que sonha e que pretende transformar (BRASIL, 2002, p.70).*

Ainda que a Cosmologia Moderna traga consigo o estigma do formalismo matemático e jargões científicos que seriam de difícil compreensão para os estudantes do Ensino Médio, uma abordagem qualitativa dos fenômenos envolvidos é recomendada para essa etapa com o objetivo de aguçar a curiosidade inerente ao ser humano para o desconhecido, trazendo discussões problematizadoras acerca dos fenômenos cosmológicos, levando os alunos ao conhecimento de conceitos científicos para a explicação dos mesmos.



## Capítulo 4

### Desenvolvimento da Hipermídia

Em concordância com Tavares (2001), acreditamos que para uma aprendizagem ser significativa é necessário que:

a) o material pedagógico apresente uma estrutura lógica e organizada do conteúdo;

b) o aprendiz tenha vontade e disposição para relacionar o conhecimento adquirido aos conhecimentos prévios que ele já possuía;

c) o conhecimento seja organizado e se relacione com a estrutura cognitiva do aprendiz;

Como parte de nosso trabalho de construir uma ponte entre ensino e tecnologia, desenvolvemos uma hipermídia, que se encontra hospedada no endereço [www.hudineiafitaroni.com.br](http://www.hudineiafitaroni.com.br), contendo textos de fácil entendimento para leigos, mas também oportunizando recursos de enriquecimento literário para aqueles que desejem se aprofundar no tema. Encontram-se presentes alguns simuladores, vídeos, sugestões de filmes, artigos científicos, biografias e questões problematizadoras, entre outros recursos, para que os alunos e o professor possam dispor de vários objetos educacionais reunidos em um único lugar, tal qual um livro interativo, aonde o conhecimento vai sendo tecido de forma a garantir que as teorias de Newton e Einstein acerca da gravidade sejam tratadas. A escolha dos objetos educacionais teve como norte aqueles que possibilitassem a compreensão e contextualização do conteúdo tratado, integrantes de livros didáticos ou disponíveis na internet, escolhidos dentre aqueles que já eram de uso do autor ou selecionados após pesquisa na internet.

O que se pretende é que a hipermídia permita que diversos fenômenos e eventos físicos de difícil explicação, por serem muito abstratos e difíceis de imaginar/visualizar em práticas pedagógicas tradicionais, possam ser compreendidos através do material disponibilizado em seu teor. Com o uso da hipermídia, o aluno poderá navegar e explorar o formalismo científico, a história da Cosmologia e os conceitos necessários de serem construídos, assim como também conhecerá a aplicação das tecnologias desenvolvidas pela engenharia que permitem explorar e entender cada vez mais o universo em que vivemos, tais como telescópios, radiotelescópios, satélites espaciais, sondas espaciais, estações espaciais dentre outros. Nesse contexto, a hipermídia foi

concebida para auxiliar professores e alunos durante suas aulas, dinamizando-as através de um material de apoio pedagógico com recursos variados e bastante ilustrativos, porém ela também pode ser considerada como um curso introdutório sobre gravitação e Cosmologia para qualquer visitante que se interesse pelo tema, pois o texto é autoexplicativo.

#### 4.1 A construção da hipermídia

Para o desenvolvimento da hipermídia, inicialmente pensou-se em utilizar o sistema de código aberto *Twine*<sup>25</sup> muito empregado para contar histórias interativas usando ramificações de *links*. Porém observou-se que este não atendia adequadamente ao produto que se queria construir por não possuir recursos que permitissem ao usuário navegar a partir de qualquer ponto como ilustrado na Figura. 4.1, bem como apresentou dificuldades na inserção de alguns vídeos e simuladores, além de necessitar ser totalmente escrito em *HyperText Markup Language* (HTML), requerendo conhecimentos de programação. Como exemplo, na Figura 4.2 mostramos a edição do tópico Lentes Gravitacionais nesse recurso.

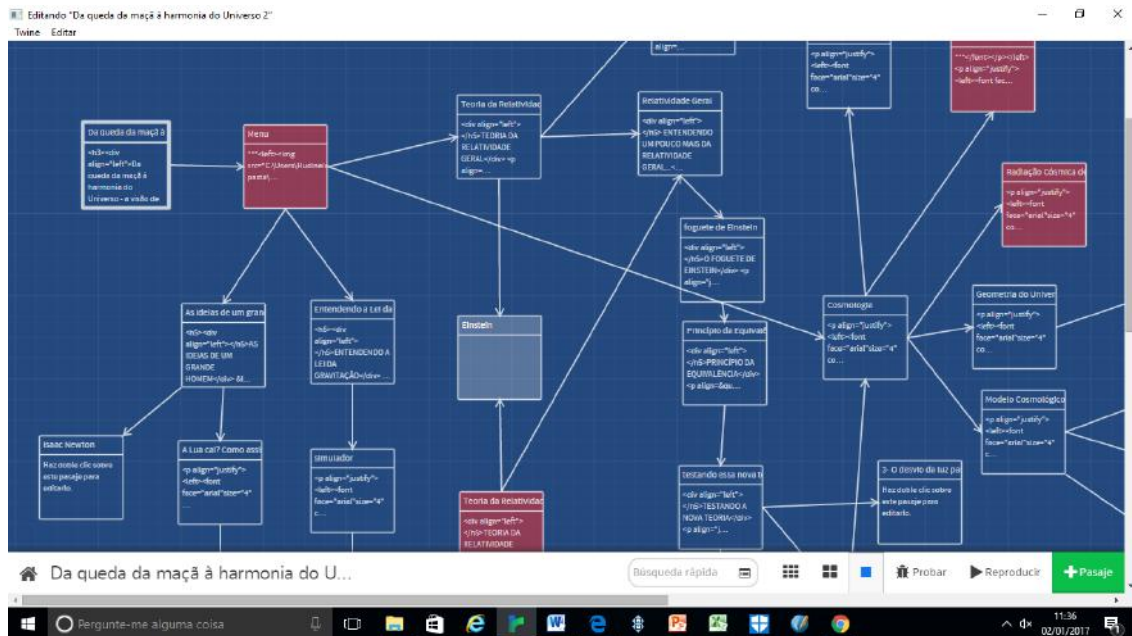


Figura 4.1: Estrutura da hipermídia no Twine.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

<sup>25</sup> Twine: <https://twinery.org/>

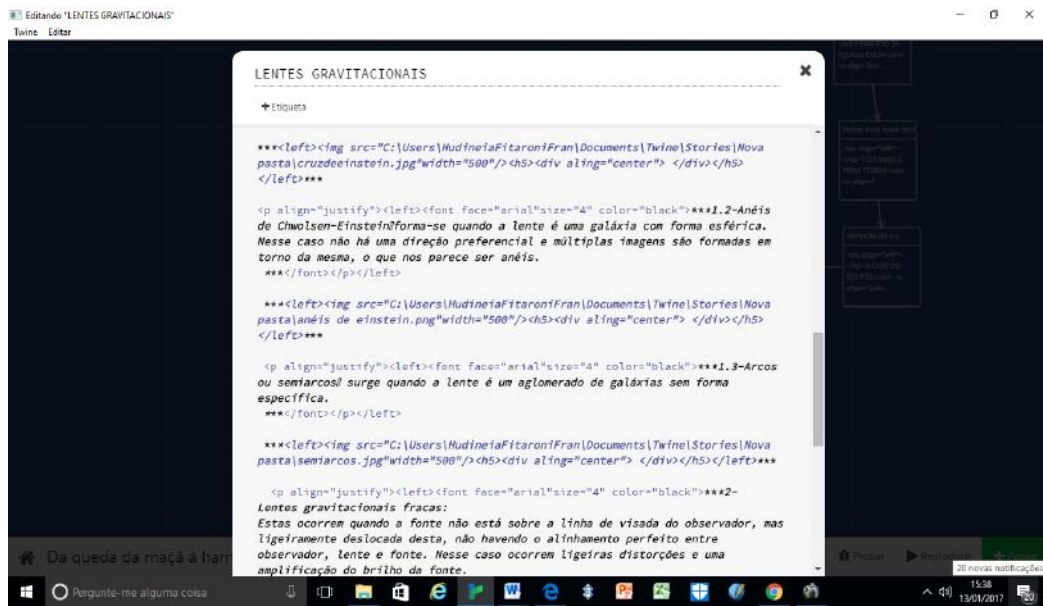


Figura 4.2: Edição de texto no Twine com código fonte HTML.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Dadas essas dificuldades na inserção do conteúdo e procurando um *design* atrativo e estético que chame a atenção dos estudantes, optou-se por utilizar a ferramenta de *WebDesigner Adobe Muse*<sup>26</sup>, escolhido por não requerer a escrita de código para publicar em HTML e permitir a personalização da página de maneira simples, como mostramos nas Figuras 4.3 e 4.4.

Embora o Adobe Muse não seja de código aberto, ela pode ser adquirida por preço acessível e, após a hospedagem da hipermídia na internet, não se faz mais necessária mantê-la para ter acesso à página. A hipermídia pode ser visualizada principalmente em computador, *tablet* e *smartphone*. Entretanto, para poder adequá-la a este último é requerido a diminuição da resolução de imagens e vídeos, além da perda de qualidade das fontes de textos.

<sup>26</sup> Adobe Muse: <http://muse.adobe.com/>

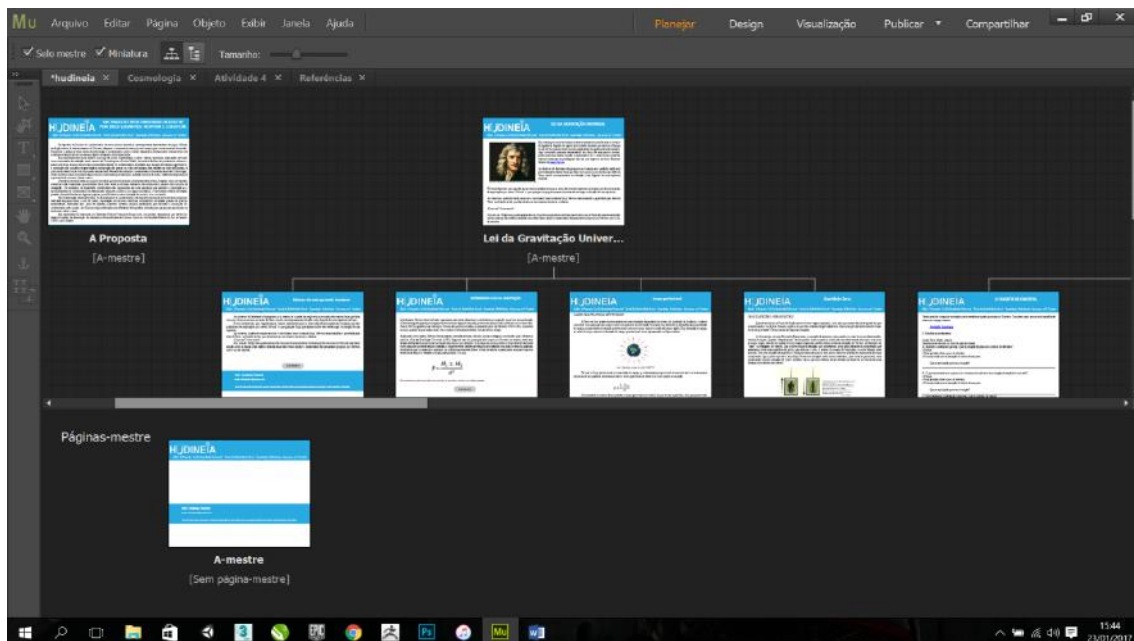


Figura 4.3: Estrutura da hipermídia no Adobe Muse.

Fonte: próprio autor.

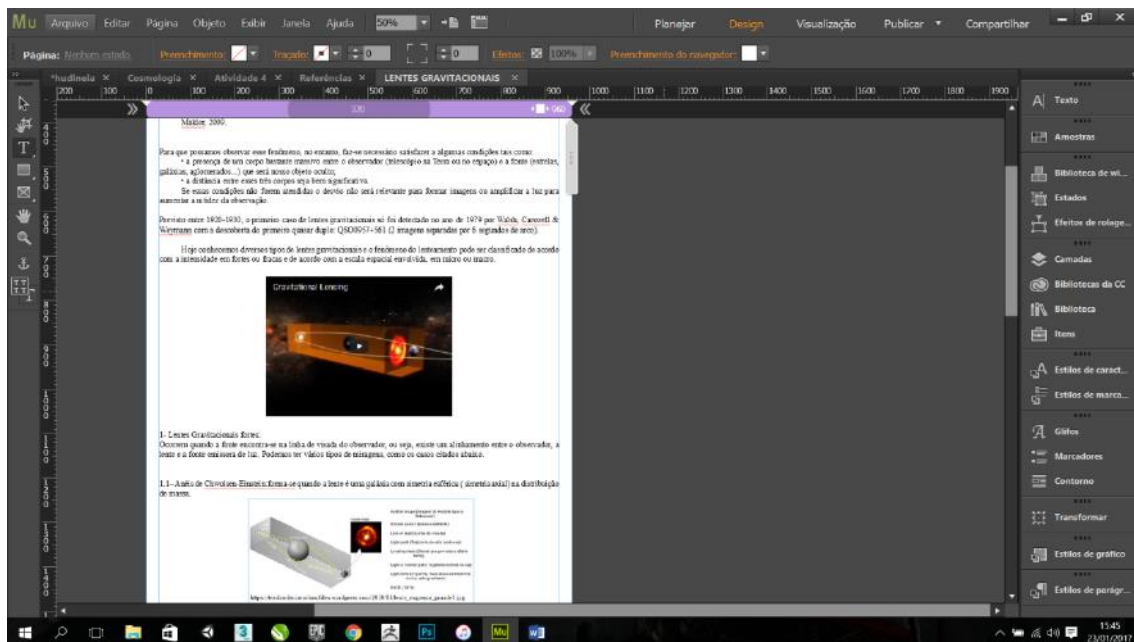


Figura 4.4: Edição do texto no Adobe Muse.

Fonte: próprio autor.

A hipermídia desenvolvida foi estruturada em oito módulos (estes serão detalhados mais a frente) que reúnem textos e objetos educacionais afins que se

relacionam por nós ou *links*. Cada módulo subdivide-se em tópicos exibidos na barra do menu, permitindo uma fácil navegação por parte do usuário. Os módulos da hipermídia e seus tópicos são:

1. **Início:** tela de abertura da hipermídia que convida a navegar por ela.
2. **A proposta:** trata de uma apresentação da hipermídia, bem como o objetivo da mesma.
3. **A Lei da Gravitação Universal (LGU):** esse módulo trata da gravitação na concepção de Newton, desde as suas ideias iniciais até temas atuais como gravidade zero.
4. **Teoria da Relatividade Geral:** aqui estão descritos os pensamentos que levaram Einstein a propor uma nova teoria para a gravitação e como foi possível provar tais concepções.
5. **Cosmologia:** nesse módulo alguns temas relacionados à explicação da organização e composição do Universo.
6. **Referências:** traz as referências dos livros, artigos, reportagens, vídeos, figuras, simuladores e demais objetos utilizados na construção da hipermídia.
7. **Quem eu sou:** nesse módulo encontra-se o acesso aos dados do pesquisador/autor do produto.
8. **Contato:** permite que o usuário tenha um diálogo com o pesquisador/autor da hipermídia.

A seguir detalharemos os principais aspectos desses módulos, bem como a estrutura da hipermídia.

## 4.2 Estrutura da Hipermídia

Todo o material selecionado, sugerido e/ou incluído na hipermídia apresenta uma estrutura sequencial de maneira a seguir o curso histórico dos acontecimentos, porém o visitante poderá abordar qualquer tópico dos módulos isoladamente.

### 4.2.1 Abertura e Informações Gerais.

A tela inicial de abertura da hipermídia possui *design* simples e claro, com uma charge que remete a um diálogo entre Newton e Einstein e um convite a conhecer a história por trás desses grandes cientistas (ver Figura 4.5). A barra do menu também é apresentada na tela inicial para que o visitante possa selecionar por onde quer começar a navegar.





Figura 4.5 - Tela de abertura da Hipermídia disponível em <https://www.hudineiafitaroni.com.br/>.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O módulo dois, **A proposta**, traz uma apresentação da ideia principal da hipermídia i.e., seus objetivos, definição e elaboração, como ilustra a Figura 4.6.

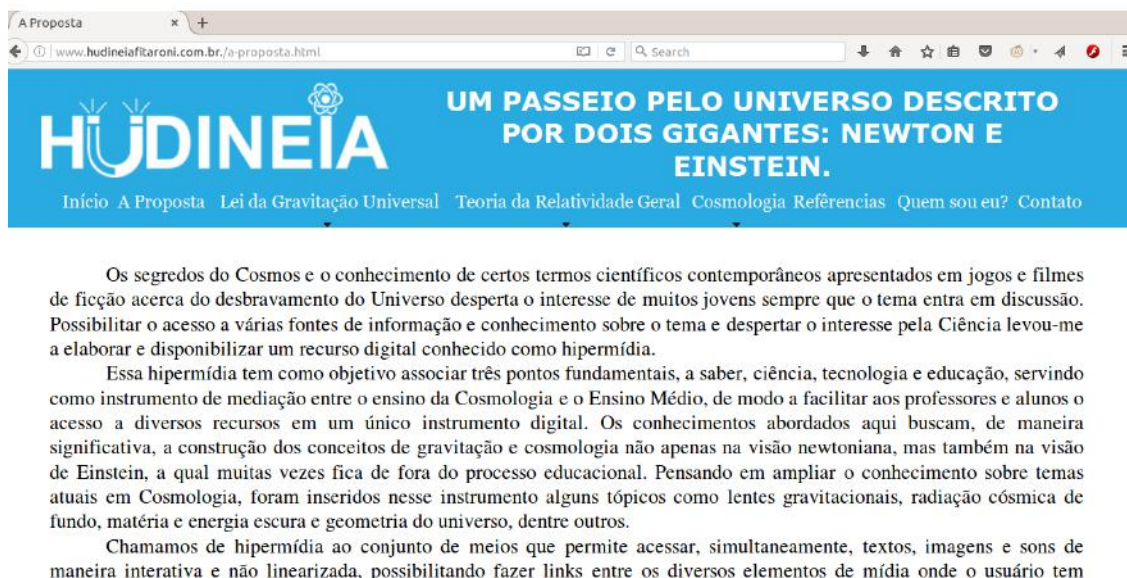


Figura 4.6: Tela “A proposta” disponível em <https://www.hudineiafitaroni.com.br/a-proposta.html>.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Nos módulos três, quatro e cinco, a serem detalhados nas próximas subseções, o visitante encontrará os textos explicativos escritos pelo autor sobre o conteúdo proposto, buscando sempre transpor a linguagem rebuscada do formalismo matemático e de termos técnicos, principalmente nos temas da Lei de Gravitação Universal – LGU, Relatividade Geral e Cosmologia, para uma linguagem clara e de fácil compreensão

para os usuários leigos. Além disso, no módulo seis, encontram-se as referências usadas no decorrer da elaboração da hipermídia.

O módulo sete contém o *link* de acesso ao currículo Lates do autor da hipermídia e no módulo oito, o visitante tem a opção de contato com o autor para enviar perguntas, sugestões ou comentar sobre o material disponível através de e-mail, como ilustrado na Figura 4.7.

A screenshot of a web browser displaying a contact page. The browser's address bar shows the URL 'www.hudineiafitaroni.com.br/contato.html'. The page has a blue header with the logo 'HUDINEIA' on the left and the text 'Fale Conosco' on the right. Below the header is a navigation menu with links: 'Início', 'A Proposta', 'Lei da Gravitação Universal', 'Teoria da Relatividade Geral', 'Cosmologia', 'Referências', 'Quem sou eu?', and 'Contato'. The main content area contains a contact form with three input fields: 'Nome:' with a placeholder 'Inserir nome', 'Email:' with a placeholder 'Inserir email', and 'Mensagem:' with a placeholder 'Insira sua mensagem'. Below these fields is a button labeled 'Enviar'.

Figura 4.7: Página da hipermídia com o contato do autor. Disponível em <https://www.hudineiafitaroni.com.br/contato.html>.  
Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

#### 4.2.2 Lei da Gravitação Universal

No módulo três, ao tratar o tema LGU, utilizamos uma linguagem semelhante àquela encontrada na maioria dos livros didáticos recomendados pelo MEC através do GDL para uso no Ensino Médio. Das quatorze obras recomendadas apenas a coleção *Conexões com a Física* (Martini, 2013) não faz referência à gravitação newtoniana. Dentre tantos tópicos que podem ser abordados nesse tema, optamos por um tratamento sem muitos desdobramentos, visto que nosso objetivo é introduzir a Relatividade Geral a partir da gravitação newtoniana. Os tópicos abordados foram a história da construção da LGU por Newton, a sua concepção matemática (Figura 4.8), o campo gravitacional e a gravidade “zero”.

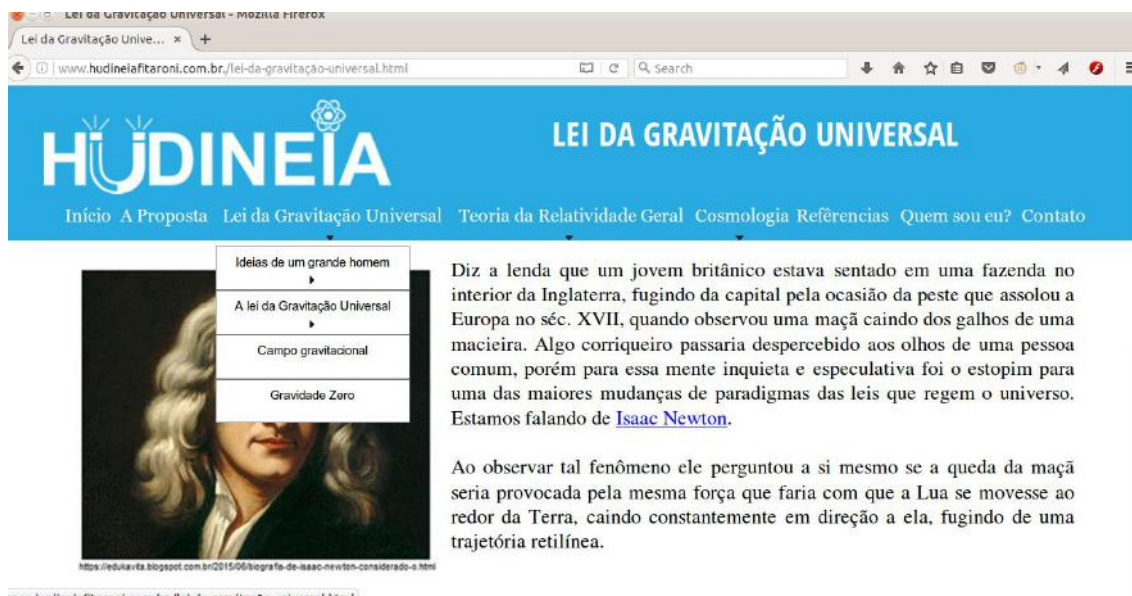


Figura 4.8: Introdução ao estudo da Lei da Gravitação Universal. Disponível em <https://www.hudineiafitaroni.com.br/lei-da-gravitação-universal.html>.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Para a construção do texto base deste módulo utilizamos as referências listadas no Quadro 3.

**Quadro 3: lista de referências utilizadas para construção do texto da hipermídia sobre LGU.**

Lei da Gravitação Universal	
Textos e Artigos	Livros
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A força criadora do universo (Oliveira, 2010).</li> <li>• Uma questão de ponto de vista (Oliveira, 2011).</li> <li>• Da Gravitação de Newton à Relatividade de Einstein (Rego, 2013).</li> <li>• Uma visão do espaço na mecânica newtoniana e na teoria da relatividade de Einstein (Porto, 2008)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Física 2 – Gravitação, Ondas e Termologia (Luiz, 2007).</li> <li>• Fundamentos de Física Conceitual (Hewitt, 2008).</li> <li>• Quanta física (Kantor et al, 2013).</li> <li>• Física em Contextos: pessoal, social e histórico (Pietrocola, 2010).</li> <li>• Ser Protagonista – Física Ensino Médio (Válio, 2013)</li> </ul>



### 4.2.3 Teoria da Relatividade Geral

No quarto módulo começamos a abordagem da Relatividade Geral (Figura 4.9) com um breve histórico dos estudos de Einstein, e propomos a leitura do texto “*A força criadora do Universo*” como subsunçor para o tema, pois o texto faz uma breve comparação entre a gravitação aos olhos da dinâmica de Newton e de Einstein.



Figura 4.9: Introdução ao estudo da Relatividade Geral. Disponível em [www.hudineifitaroni.com.br/teoria-da-relatividade-geral.html](http://www.hudineifitaroni.com.br/teoria-da-relatividade-geral.html)

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Um tópico importante desse módulo é o caso do *Eclipse de Sobral*, ilustrado na Figura 4.10, onde é discutido o trabalho de Einstein e seus contemporâneos Freudlinch, Eddington, Davidson e Crommelin, entre outros, na busca pela comprovação de que a luz pode ser defletida por corpos muito massivos, fenômeno que ficou conhecido como *lenteamento gravitacional* (Renn et al, 1997).

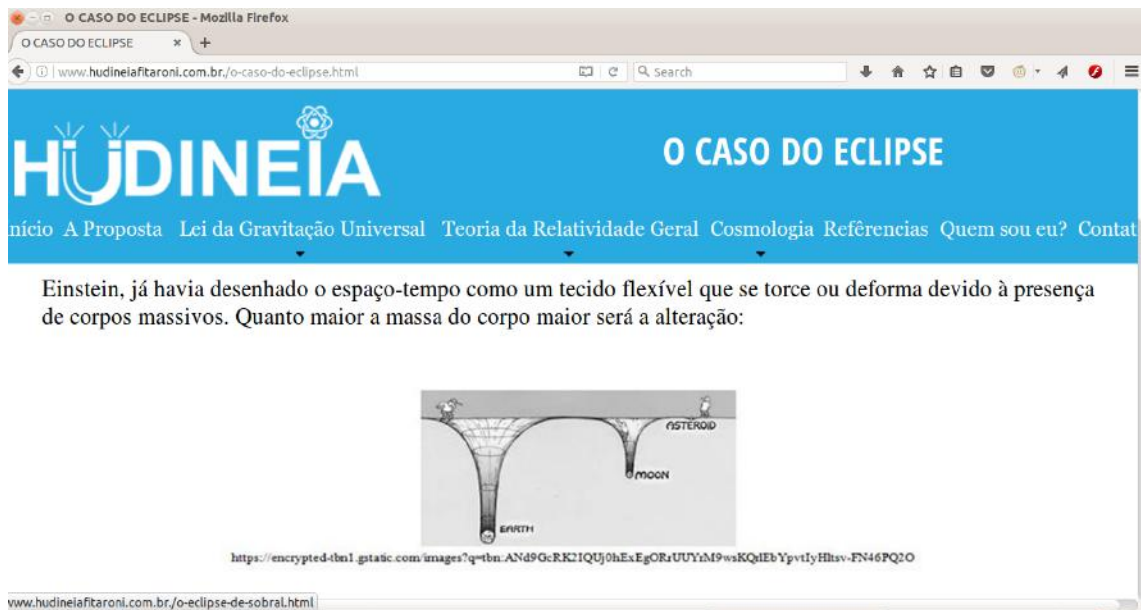


Figura 4.10: O eclipse de Sobral. Disponível em [www.hudineiafitaroni.com.br/o-eclipse-de-sobral.html](http://www.hudineiafitaroni.com.br/o-eclipse-de-sobral.html).

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Ao final da atividade 3 do tópico Eclipse de Sobral, nomeada “A curvatura espaço-tempo e a gravidade”, encontramos um quadro síntese que compara as principais ideias da gravidade na concepção newtoniana e na concepção relativística einsteiniana para que os estudantes possam fazer um fechamento desse tema, como mostrado na Figura 4.11.

GRAVITAÇÃO NEWTONIANA	GRAVITAÇÃO EINSTEINIANA
Espaço (3D) e tempo são grandezas independentes e absolutas.	Espaço-tempo (4D) não são grandezas independentes.
O tempo é absoluto.	O tempo é uma grandeza variável de acordo com o referencial.
A velocidade adquirida por um corpo pode ser infinita se sujeita a uma aceleração constante.	A velocidade é finita e o valor máximo é o da luz propagando-se no vácuo.
O valor da massa não muda com o estado dinâmico.	O valor da massa inercial aumenta com a velocidade e tende ao infinito na velocidade da luz.
Espaço rígido e plano.	O espaço-tempo é uma "malha" que se torce na presença de qualquer tipo de energia nele contido.
Gravitação é produto da interação entre massas.	Gravitação é produto da deformação do espaço-tempo.

A comprovação do desvio da luz pela gravidade, possibilitou uma nova maneira de entender e observar o Universo através de um fenômeno proposto pela por Eddington, em 1920, que ficou conhecido como [LENDES GRAVITACIONAIS](#).

**Prof. Hudineia Fitaroni**

Figura 4.11: Síntese das principais ideias da gravitação newtoniana e einsteiniana. Disponível em [www.hudineiafitaroni.com.br/atividade-3.html](http://www.hudineiafitaroni.com.br/atividade-3.html)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Os tópicos deste módulo foram selecionados por serem de fácil compreensão para essa faixa etária e permitirem, a partir de uma análise conceitual, construirmos a ideia principal da gravitação dentro da Relatividade Geral. Os textos e livros utilizados para a construção desse módulo estão listados no Quadro 4.

**Quadro 4: Lista de referências utilizadas para construção do texto da hipermídia sobre Teoria da Relatividade Geral.**

<b>Teoria da Relatividade Geral</b>	
<b>Textos e Artigos</b>	<b>Livros</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A força criadora do universo (Oliveira, 2010)</li> <li>• Da Gravitação de Newton à Relatividade de Einstein (Rego, 2013)</li> <li>• Uma visão do espaço na mecânica newtoniana e na teoria da relatividade de Einstein (Porto, 2008)</li> <li>• Lentes gravitacionais mostram que a cosmologia está na rota correta (Space Today, 2010)</li> <li>• O universo visto pelas lentes gravitacionais (Makler, 2009)</li> <li>• 5 conceitos que foram revolucionados pela Teoria da Relatividade Geral (Chinaglia, 2015)</li> <li>• Sonhos de um jovem visionário (Oliveira, 2007)</li> <li>• Relatividade geral: uma senhora centenária (Chinaglia, 2015)</li> <li>• Geometria, espaço-tempo e gravitação: conexão entre conceitos da relatividade geral (Falciano, 2009)</li> <li>• Discussão Dos Conceitos De Massa Gravitacional E De Massa Inercial (Castellani, 2001)</li> <li>• Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem (Guerra, 2007)</li> <li>• A Deflexão da Luz Pela Gravidade e o Eclipse de 1919 (Zylbersztajn, 1989)</li> <li>• Uma Discussão Sobre o Mapeamento Conceitual da Relatividade e da Cosmologia para o Ensino De Física Moderna e Contemporânea (Danhoni, 2005)</li> <li>• Einstein e o Eclipse de 1919 (Videira, 2005)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Física 2 – Gravitação, Ondas e Termologia (Luiz, 2007)</li> <li>• Fundamentos de Física Conceitual (Hewitt, 2008)</li> <li>• Quanta física (Kantor, 2010)</li> <li>• Física em Contextos: pessoal, social e histórico (Pietrocola, 2010)</li> <li>• Ser Protagonista – Física Ensino Médio (Válio, 2013)</li> <li>• Astronomia e astrofísica (Filho, 2004)</li> <li>• Cosmologia Física do Micro ao Macro Cosmos e vice-versa (Horvath et al, 2007)</li> <li>• Singh, S., Big Bang, Ed. Record, 2006.</li> <li>• Programa Mínimo de Cosmologia (Novello et al, 2010)</li> </ul>

## 4.2.4 Cosmologia

Visando construir o tema de conhecimento que nos permita entender o Universo, o módulo cinco traz alguns tópicos do tema Cosmologia Moderna (Figura 4.12) baseados nos estudos da Teoria da Relatividade Geral.

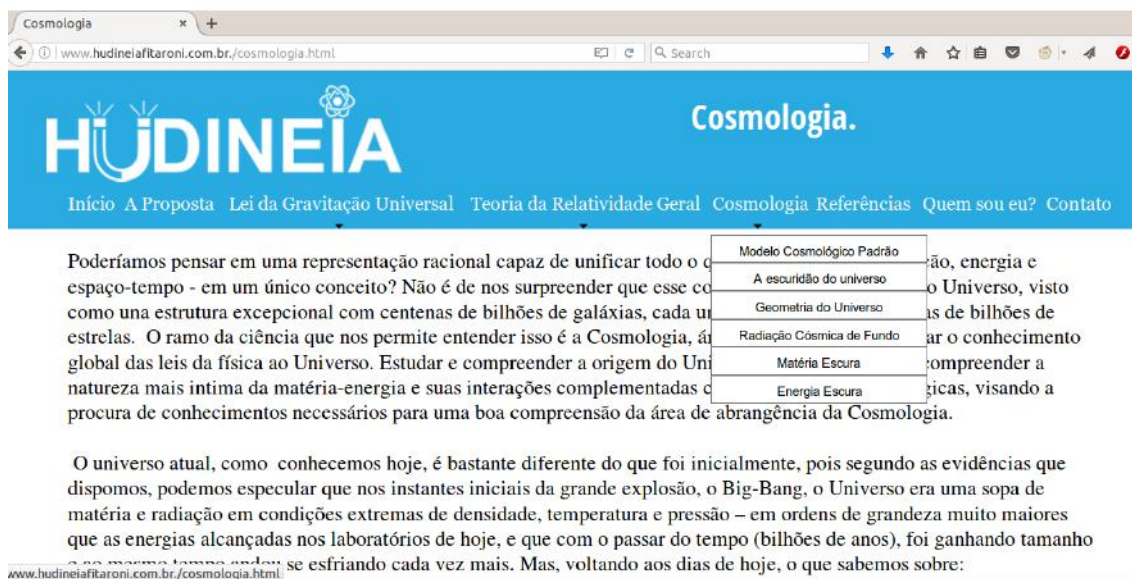


Figura 4.12: Introdução ao estudo da Cosmologia Moderna. Disponível em [www.hudineiafitaroni.com.br/cosmologia.html](http://www.hudineiafitaroni.com.br/cosmologia.html)

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Como o tempo para o professor trabalhar esses tópicos em sala de aula é reduzido, procuramos manter nosso foco nas ideias mais aceitas pela comunidade científica sobre modelos de universo, por isso apenas o Modelo Cosmológico Padrão é citado na hipermídia. Esse modelo tem como conceito fundamental o Princípio Cosmológico que sugere ser o Universo homogêneo e isotrópico em grandes escalas, tipicamente acima de centenas de Mpc<sup>27</sup> e alguns Gpc<sup>28</sup> (Novello et al, 2010). Isso significa que, nessa escala, devemos observar uma distribuição aproximadamente igual de galáxias,

<sup>27</sup> Mpc: megaparsec - unidade de distância usada em trabalhos científicos de astronomia para representar distâncias. 1Mpc equivale a  $3,08568 \times 10^{22}$  m

<sup>28</sup> 1Gpc equivale a  $3,08568 \times 10^{25}$  m

aglomerados ou superaglomerados de galáxias em todas as partes do Universo, não havendo um local privilegiado.

O Paradoxo de Olbers e a explicação de por que o céu é escuro à noite também é um assunto que aguça a curiosidade dos estudantes, por isso há aqui um tópico para ele, bem como para a Radiação Cósmica de Fundo e a Geometria do Universo (Figura 4.13)

Afinal, qual é a geometria de nosso Universo?

A geometria do Universo depende da quantidade de energia que ele possui. Podemos dizer que a geometria determina o comportamento da matéria, a matéria determina a geometria e geometria e matéria determinam a evolução do Universo. O Universo é homogêneo e isotrópico em grandes escalas, como afirma o Modelo Cosmológico Padrão. Dentro desse Princípio existem apenas três possibilidades para a geometria do universo que são descritas no quadro abaixo.

Geometria	Ângulo	Comprimento da circunferência	Tipo de Universo	Tamanho do Universo
	$> 180^\circ$	$C < 2\pi R$	Fechado	Finito
	$= 180^\circ$	$C = 2\pi R$	Plano	Infinito

Figura 4.13: A Geometria do Universo. Disponível em <https://www.hudineiafitaroni.com.br/geometria-do-universo.html>  
 Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

O problema da massa faltante é discutido no tópico “matéria escura”, seguido de energia escura que juntos, hoje, são dois dos temas que mais intrigam os astrofísicos e cosmólogos. No Quadro 5 estão listados os textos, artigos e livros que fundamentaram a produção textual desse módulo.

**Quadro 5: lista de referências utilizadas para construção do texto da hipermídia sobre Cosmologia.**

<b>Cosmologia</b>	
<b>Textos e Artigos</b>	<b>Livros</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lentes gravitacionais mostram que a cosmologia está na rota correta (Space Today, 2010)</li> <li>• O universo visto pelas lentes gravitacionais (Makler, 2009)</li> <li>• O enigma da matéria escura (<i>Caraveo e Roncadelli, Scientific American Brasil</i>)</li> <li>• Radiação Cósmica de Fundo: Características e Atualidades (Marques, 2012)</li> <li>• A Cosmologia Contemporânea num Discurso Fragmentado dos Intérpretes: Os Professores (Martins, 2016)</li> <li>• A cosmologia (Rosenfeld, 2005)</li> <li>• O Universo como um Todo (Filho, 2016)</li> <li>• O futuro da matéria escura (Esteves, 2015)</li> <li>• Divulgado novo mapa da matéria escura no Universo (CBPF, 2014).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Física 2 – Gravitação, Ondas e Termologia (Luiz, 2007)</li> <li>• Fundamentos de Física Conceitual (Hewitt, 2008)</li> <li>• Quanta física (Kantor et al, 2010)</li> <li>• Ser Protagonista – Física Ensino Médio (Válio, 2013)</li> <li>• Astronomia e astrofísica (Filho, 2004)</li> <li>• Cosmologia Física do Micro ao Macro Cosmos e vice-versa (Horvath et al, 2007)</li> <li>• Singh, S., Big Bang, Ed. Record, 2006.</li> <li>• Programa Mínimo de Cosmologia (Novello et al, 2010)</li> </ul>

### **4.3 Recursos interativos da hipermídia**

Dentro dos módulos apresentados anteriormente, os usuários da hipermídia poderão encontrar diversos recursos interativos como vídeos, simuladores, *hiperlinks*, artigos científicos e animações. Essa interatividade permite que, através da ludicidade, o conceito científico relacionado ao tema proposto seja compreendido com maior facilidade.

Simulações e animações permitem que o usuário desfrute, virtualmente, de experiências que possibilitam a melhor compreensão de um fenômeno físico que seriam difíceis de ser realizadas no espaço físico escolar ou em outro lugar de seu cotidiano. Dentre elas podemos destacar o “Simulador Phet Colorado”<sup>29</sup> sobre relação entre a interação gravitacional com massa e a distância como mostrado na Figura 4.14 e uma sequência da animação sobre a precessão de Mercúrio, ilustrada na Figura 4.15.

<sup>29</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/category/physics](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics)



O simulador pode ser usado para determinarmos a relação entre as massas e as distâncias entre os corpos para que possamos entender como varia a intensidade da força gravitacional. Siga o roteiro abaixo, preenchendo a ficha que será entregue pelo professor como o modelo abaixo:

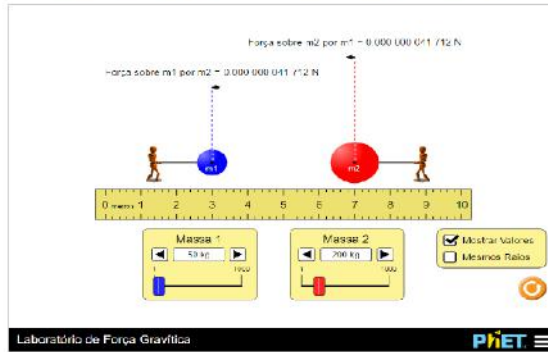


Figura 4.14: Simulador Phet Colorado sobre Lei da Gravitação Universal inserido na atividade 2 da Teoria da Gravitação Universal. Disponível em [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/category/physics](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics).

Fonte: elaborado pelo autor.

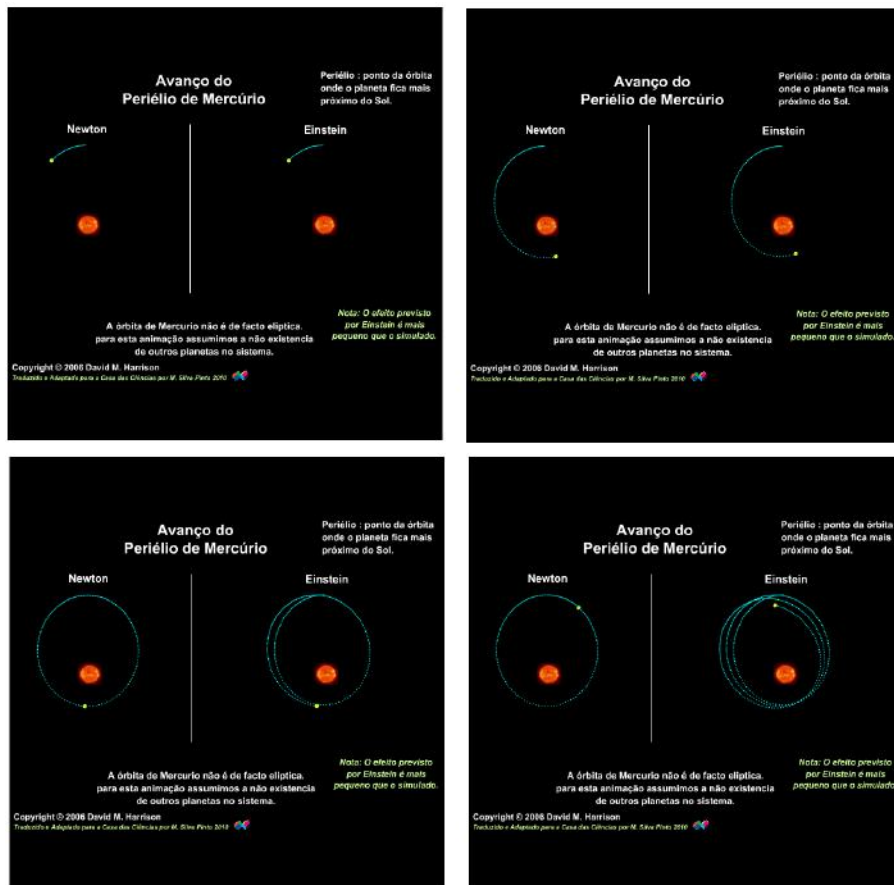


Figura 4.15: Animação que mostra a precessão de Mercúrio descrita no tópico “Princípio da Equivalência” do módulo Teoria da Relatividade Geral. Disponível em <http://imagem.casadasciencias.org/online/35333462/35333462.php>

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Ao acessar as páginas da hipermídia com simuladores, o visitante poderá encontrar roteiros para que, ao utilizá-lo, tenha uma sequência que o leve a construir o conceito científico ao qual se propõe. Por exemplo, a atividade do Foguete de Einstein, como mostrado na Figura 4.16, introduz o Princípio de Equivalência

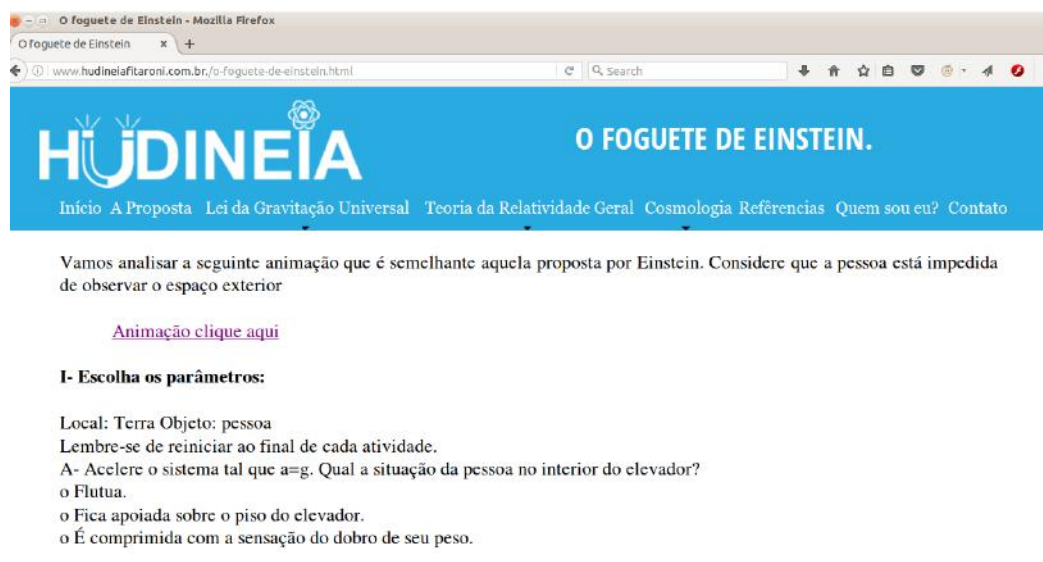


Figura 4.16: Atividade com simulador do tópico “O foguete de Einstein” do módulo Teoria da relatividade Geral referente ao experimento mental realizado por Einstein que o conduziu ao Princípio da Equivalência. Disponível em <https://www.hudineiafitaroni.com.br/o-foguete-de-einstein.html>.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Vídeos foram inseridos na hipermídia para enriquecer e dar uma melhor compreensão dos fenômenos físicos, dando (re)significado ao tema, favorecendo a aprendizagem e a construção do conhecimento científico. Os vídeos têm como fonte o site [www.youtube.com.br](http://www.youtube.com.br). Por exemplo, introduzimos o vídeo que simula a “gravidade zero” visando demonstrar tal fenômeno adequadamente (Fig. 4.17).

Para que a compreensão do conteúdo também seja a partir da experiência real, vivenciada a partir de atividades práticas, a hipermídia traz dois roteiros de atividades para a construção do modelo científico acerca dos fenômenos lenteamento gravitacional e a curvatura espaço-tempo, este último mostrado na figura 4.18.

Ao longo do texto autoexplicativo do conteúdo, o visitante poderá encontrar *links* que o encaminharão a artigos publicados em revistas de divulgação científica com linguagem acessível para a faixa etária dos estudantes do Ensino Médio. Tais textos são seguidos de uma proposta de discussão do conteúdo nele proposto, levando os alunos a uma discussão do conhecimento científico a ser construído (ver Figura 4.19).





O que chamamos de gravidade zero não passa de uma sensação de ausência de peso por estarmos em queda livre juntamente com a superfície de apoio que nos sustentava.

Figura 4.17: Vídeo do tópico “gravidade zero” do módulo Teoria da Gravitação Universal, demonstrando uma queda livre para simular situações de imponderabilidade, conhecida como “gravidade zero”. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=756OOkmmHyE>.

Fonte: <https://www.hudineiafitaroni.com.br/gravidade-zero.html>.



Figura 4.18: Atividade prática sobre a curvatura do espaço-tempo e sua influência na gravitação inserida no tópico “Eclipse de Sobral – atividade 3”.

Fonte: <https://www.hudineiafitaroni.com.br/atividade-3.html>

Lendo o texto "[A força criadora do universo](#)" podemos ter uma visão geral das ideias de Newton e de Einstein sobre a gravidade.

Faça uma leitura do texto e estabeleça um quadro comparativo com as principais ideias dos dois cientistas sobre a gravidade.

Vamos entender um pouco mais sobre a Relatividade Geral.

Um pensamento feliz, segundo o próprio Einstein, foi o que o levou a dar o pontapé inicial para descrever sua teoria.

*“Eu estava sentado numa cadeira no departamento de patentes, em Berna, quando de repente ocorreu-me uma ideia: ‘Quem estiver em queda livre não sentirá seu próprio peso.’ Fiquei surpreendido. Esse pensamento simples causou-me profunda impressão. Impelido-me na direção de uma teoria da gravitação.”* (Einstein)

Esse pensamento abriu as portas para que Einstein construísse as bases de sua teoria com um exercício de pensamento simples: [o foguete de Einstein](#).

**Prof. Hudineia Fitaroni**

email: [hffsouza01@hotmail.com](mailto:hffsouza01@hotmail.com)

Figura 4.19: Sugestão de leitura do texto “A força criadora do universo” da revista eletrônica Ciência Hoje cujo hiperlink redireciona o usuário diretamente para a reportagem da revista. Disponível em <https://www.hudineiafitaroni.com.br/teoria-da-relatividade-geral.html>

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

## Capítulo 5

### Aplicação da Hipermídia

Como descrevemos nos capítulos anteriores, há uma necessidade crescente e urgente de trazermos para a sala de aula a FMC e uma práxis pedagógica com a inserção das TIC. Nesse trabalho foi desenvolvida uma hipermídia sobre o tema gravitação com as abordagens clássica e relativística para que seja um apoio ao trabalho do professor e, ao mesmo tempo, que seus textos autoexplicativos permitam ao próprio aluno realizar as atividades propostas.

Para a aplicação do produto, a metodologia utilizada em cada etapa estava em concordância com a teoria proposta por David Ausubel (1968) para a aprendizagem significativa, constando de pré-testes; utilização de textos, vídeos ou simuladores como organizadores prévios para a introdução dos temas; discussão dos temas e realização das atividades como organizadores explicativos durante a utilização da hipermídia; aplicação do pós-teste e avaliação do produto pelos alunos.

A estrutura da pesquisa se deu em três etapas distintas de forma semelhante às utilizadas por Artuso (2006) e Joaquim (2013) em seus trabalhos: a primeira constituída de uma entrevista e um pré-teste; a segunda foi o próprio desenvolvimento das atividades com a utilização da hipermídia; a terceira constituiu-se de um pós-teste e de uma entrevista para avaliação do produto apresentado. Todas as etapas do produto dessa dissertação encontra-se no plano de aula presente no Apêndice A.

Na primeira etapa, o objetivo da entrevista, feita através de um questionário, era o levantamento do perfil do aluno quanto a sua relação com a física e com o uso da internet (Apêndice B). A seguir foi aplicado um pré-teste para levantamento dos conhecimentos prévios sobre os temas gravidade, relatividade e universo que seriam subsunçores para a construção do conhecimento acerca da gravitação (Apêndice C).

A segunda etapa constituiu-se de quatro encontros com os alunos para utilização da internet e desenvolvimento das atividades usando a hipermídia. Durante essa etapa o professor foi apenas o mediador de uma práxis pedagógica de pesquisa e situações problematizadoras encontradas na hipermídia. O desenvolvimento das atividades propostas aos alunos se deu com os alunos trabalhando em duplas, utilizando seus *notebooks* pessoais. A sala de aula em que a proposta foi aplicada possuía uma *smart tv* de 50 polegadas com a qual o professor conduziu a mediação da utilização da hipermídia. Quando surgiam dúvidas sobre o conhecimento científico tratado no tópico

da hipermídia, o professor fazia uma exposição dialogada do conteúdo junto aos alunos utilizando o próprio material disponível no produto. Os atendimentos aos alunos para a aplicação da hipermídia seguiram planos de aula segundo o princípio da diferenciação progressiva dos conceitos envolvidos como direcionamento para sua elaboração (Moreira, 1979). Nessa etapa, os alunos foram orientados a fazer o acesso da hipermídia na sequência descrita na seção 4.1, ou seja, na ordem em que os módulos e tópicos foram estabelecidos, pois tal sequência foi estruturada de maneira a proporcionar a inserção gradual dos conteúdos constituintes do tema, seguindo a ordem cronológica em que se deu a evolução histórica das teorias apresentadas.

Na terceira etapa deu-se a aplicação de um pós-teste (Apêndice D) seguido de uma entrevista para avaliação da hipermídia e seu uso pelos alunos (Apêndice E). Procurou-se avaliar a validade do uso da hipermídia na modificação da estrutura cognitiva dos alunos, como se pretendia, para a construção do conceito cientificamente aceito acerca da gravitação, o que Ausubel chama de reconciliação integrativa (Moreira, 1979), seguida de uma avaliação da Hipermídia enquanto objeto de aprendizagem feita pelos alunos através de um questionário.

## **5.1 O local da pesquisa**

A pesquisa foi desenvolvida no Centro Educacional Labor de Cordeiro (CELC) localizado à Rua João de Freitas Farinha - 62, bairro Rodolfo Gonçalves, Cordeiro/RJ, no qual o pesquisador atua profissionalmente. O colégio não dispõe de um laboratório de informática, mas possui internet *wifi* e *smart tv* em todas as salas de aula, permitindo que os alunos utilizassem seus próprios *notebooks*. Ao solicitar a permissão da direção da instituição o pesquisador obteve grande apoio para aplicação da proposta e permissão para utilização do espaço mesmo no contraturno, já que os atendimentos ocorreram fora do horário regular das aulas da turma em que os alunos estavam inseridos.

## **5.2 Os alunos**

A unidade de pesquisa compôs-se de oito alunos da primeira série do Ensino Médio Regular que se propuseram voluntariamente a participar da aplicação da proposta, satisfazendo uma das primícias para que haja uma aprendizagem significativa: *a disposição para aprender*.

A seleção desses alunos foi feita pela professora/pesquisadora a partir da explicação da proposta para a turma em um encontro com o grupo que, em sua totalidade, era formado por vinte e quatro alunos. Inicialmente doze alunos se candidataram, mas após o acordo dos dias e horários mais acessíveis ao grupo apenas oito puderam participar de todos os encontros, chegando ao grupo final de pesquisa. Os encontros foram agendados para as terças-feiras, das dezesseis horas e trinta minutos às dezoito horas e trinta minutos nos dias 20/09, 27/09, 11/10, 25/10, 08/11, 20/11 e 29/11 de 2016. A entrevista inicial e o pré-teste foram realizados no primeiro encontro e o pós-teste e a entrevista para avaliação do produto no último encontro.

Como provas documentais da participação dos alunos durante a utilização da hipermídia e a aplicação dos questionários, foram registradas fotografias e preenchidas as listas de presença, as quais foram recolhidas pela autora da dissertação.

### **5.3 Análise dos dados**

Os encontros e atendimentos para aplicação do produto desta pesquisa ocorreram de forma organizada e tranquila. Os alunos possuíam liberdade para solicitar ao pesquisador ajuda para utilização da hipermídia ou para sanar dúvidas sobre o conteúdo, mas as perguntas foram mais sobre curiosidades que iam surgindo ao longo do percurso da aplicação. A atenção dos participantes durante os atendimentos foi satisfatória e as interações entre eles eram sempre em torno do tema em questão.

#### **5.3.1 Levantamento do perfil:**

O levantamento do perfil dos alunos, através do questionário 1 (Apêndice B), contou com onze perguntas objetivas que permitiram conhecermos o interesse do aluno pelo estudo da Física e sua relação com a internet e suas ferramentas.

A questão 1 procurava levantar o passado escolar do aluno para verificar a origem do mesmo e permitiu ao pesquisador saber que todos os alunos participantes estudaram em escola particular durante o Ensino Fundamental da Educação Básica (Figura 5.1).

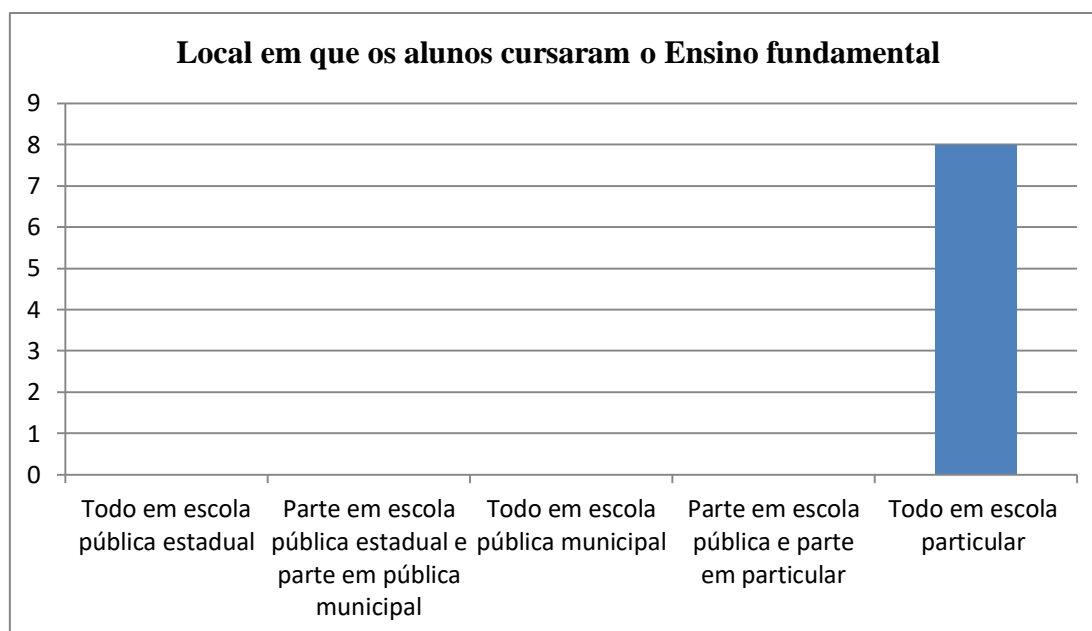


Figura 5.1: Representação gráfica das respostas da questão 1 referente ao perfil do aluno.

As questões 2, 3 e 4 visavam avaliar o interesse dos alunos pelo estudo da Física em sala de aula. Dentre as disciplinas que os alunos mais têm prazer em estudar, a Biologia ocupa o primeiro lugar enquanto Sociologia, Filosofia e Língua Portuguesa são aquelas de menor preferência entre eles, como a questão 2 nos permitiu concluir. Nela, pedia-se que os alunos enumerassem de 1 a 10 a ordem de preferência as disciplinas do núcleo comum no Ensino Médio, sendo 1 a que eles menos gostam e 10 aquela de maior interesse. O quadro 7 retrata a ordenação de cada um dos alunos para as disciplinas propostas:

**Quadro 6: Respostas dos alunos para a questão 2 do questionário 1 – “Dentre as disciplinas abaixo que você estuda esse ano, numere-as de 1 a 10, entendendo ser a número 1 a que você menos gosta e 10 a que você mais gosta.”**

Disciplinas \ Alunos/Total									Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	
Português	5	1	6	9	7	1	1	1	31
Inglês	3	4	9	10	8	10	4	5	53
História	8	3	1	8	6	2	6	2	36
Geografia	9	8	7	6	9	6	5	10	60
Matemática	1	2	4	5	4	7	8	8	39
<b>Física</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>54</b>
Química	2	7	8	7	3	8	9	3	47
Biologia	10	10	10	4	10	5	7	9	65
Sociologia	4	5	2	2	2	4	3	7	29
Filosofia	6	6	3	1	1	3	2	9	31

Através das respostas podemos observar que a Física é uma disciplina que, embora não seja a preferida pela maioria, está em um nível satisfatório de interesse e prazer de ser estudada pelos alunos, o que é corroborado pelas respostas da questão 3 onde os alunos dão uma nota de zero a dez especificamente para o seu gosto em estudar Física (ver Figura 5.2).

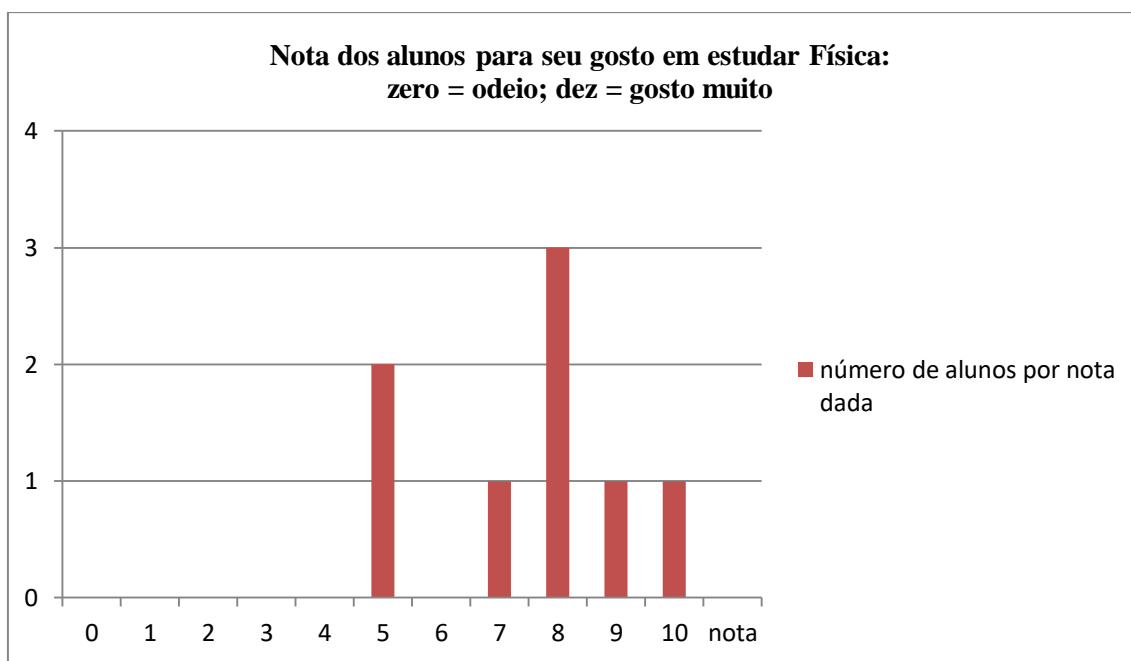


Figura 5.2: Representação gráfica das respostas da questão 3 referente ao perfil do aluno.

A questão 4 objetivava identificar quais os instrumentos que os alunos normalmente utilizam para estudar para as provas de Física. Os alunos deveriam assinalar 1 para aqueles instrumentos que utilizavam prioritariamente e assinalar 2 para aqueles menos usados.

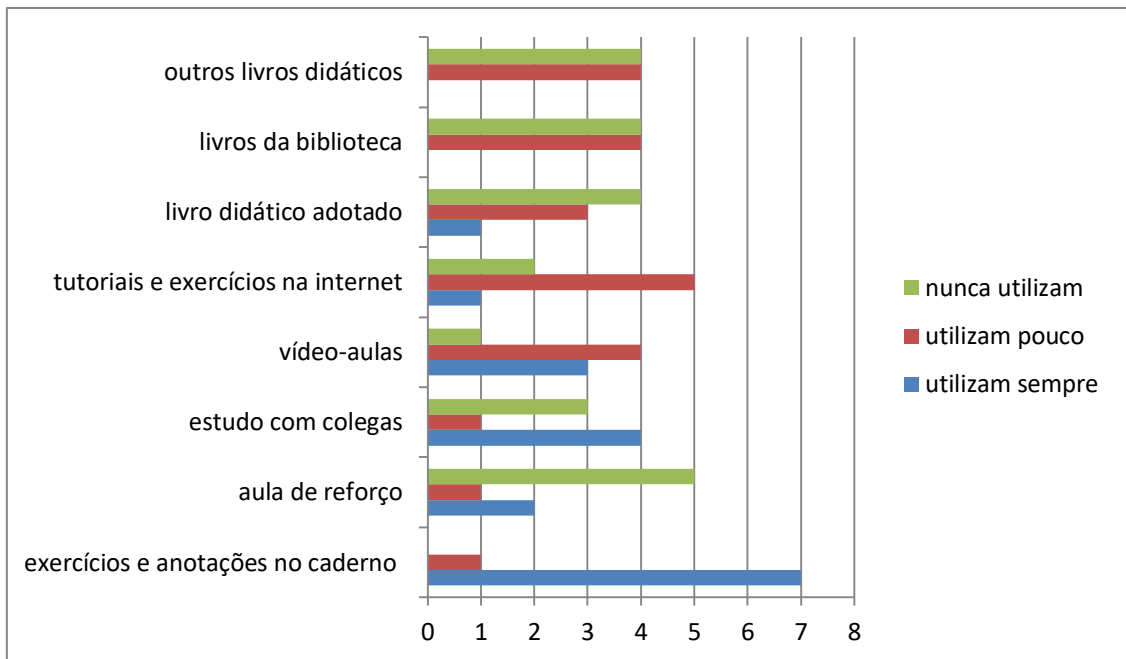


Figura 5.3: Representação gráfica das respostas da questão 4 referente ao perfil do aluno.

Os resultados, como mostrados na Figura 5.3, demonstram que o uso dos exercícios e anotações nos cadernos feitas ao longo das aulas ainda é o que os discentes mais utilizam e apenas o aluno B diz não utilizá-los. Em seguida, os estudos com os colegas e vídeo-aulas são citados como instrumentos utilizados pelos discentes. A busca por tutoriais e exercícios na internet são os instrumentos menos citados por eles, apenas o aluno B diz fazê-lo.

O acesso à internet e como se dá a utilização do computador foram analisados nas questões 5 a 11 do questionário 1. A questão 5 constava com três perguntas interligadas:

- a) se os alunos têm acesso ao computador;
- b) onde eles acessam;
- c) com que frequência ocorre o acesso.

A pesquisa mostrou que todos têm acesso a computador (Figura 5.4), sendo a maioria disponibilizada em suas residências (Figura 5.5) e via internet *wifi* (Figura 5.6).



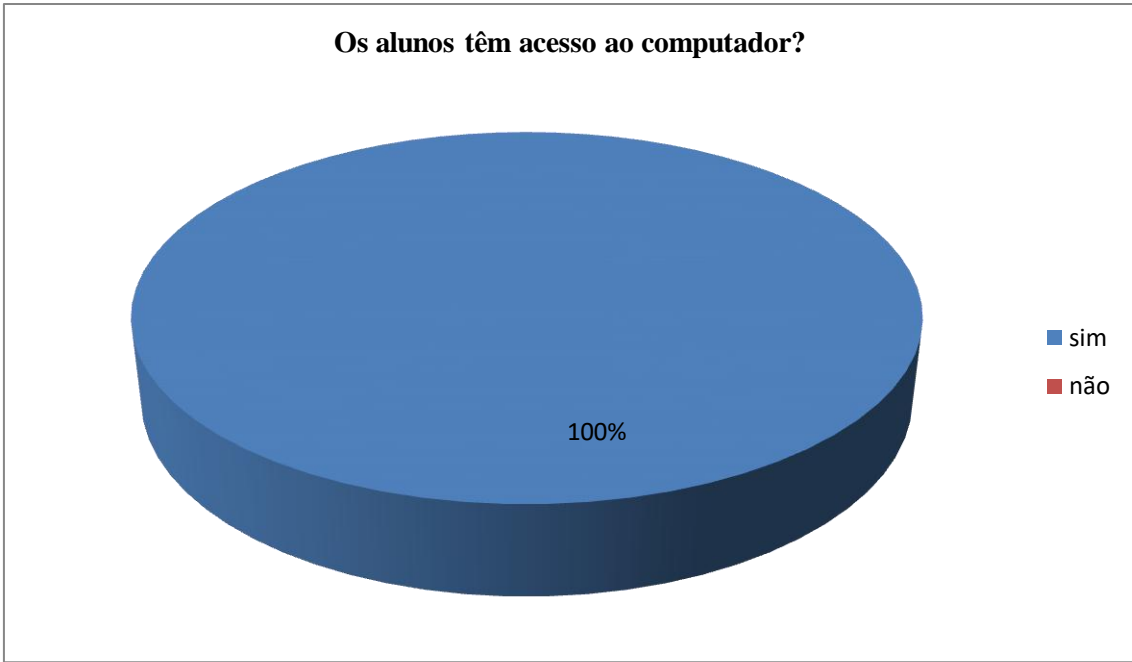


Figura 5.4: Representação gráfica das respostas da questão 5.a referente ao perfil do aluno.

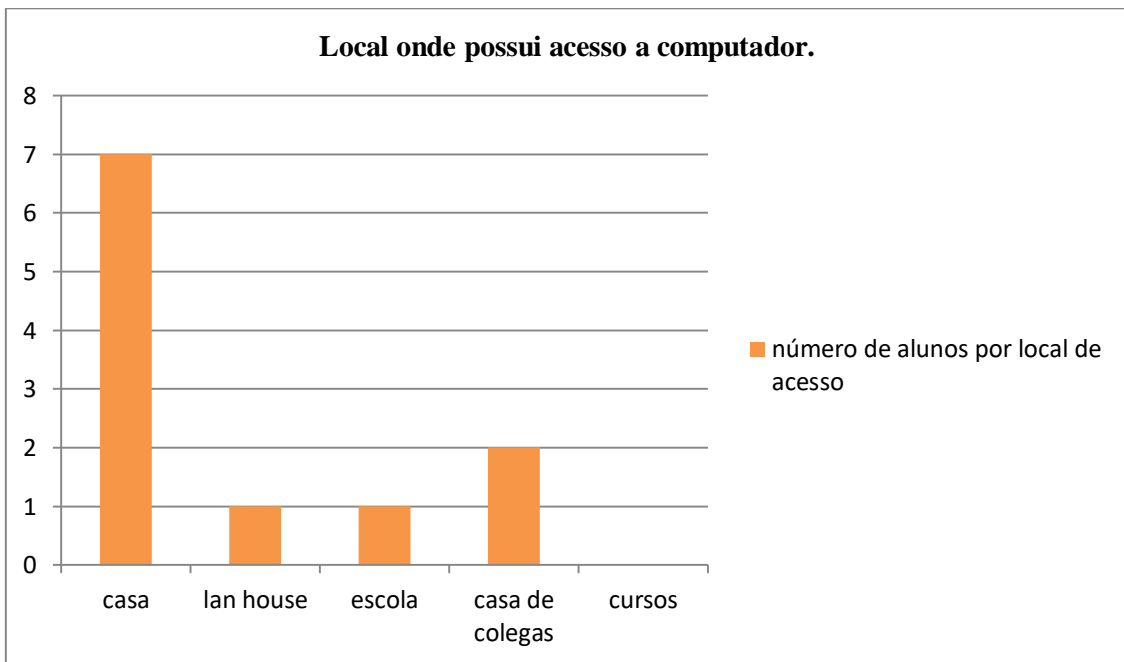


Figura 5.5: Representação gráfica das respostas da questão 5.b referente ao perfil do aluno.

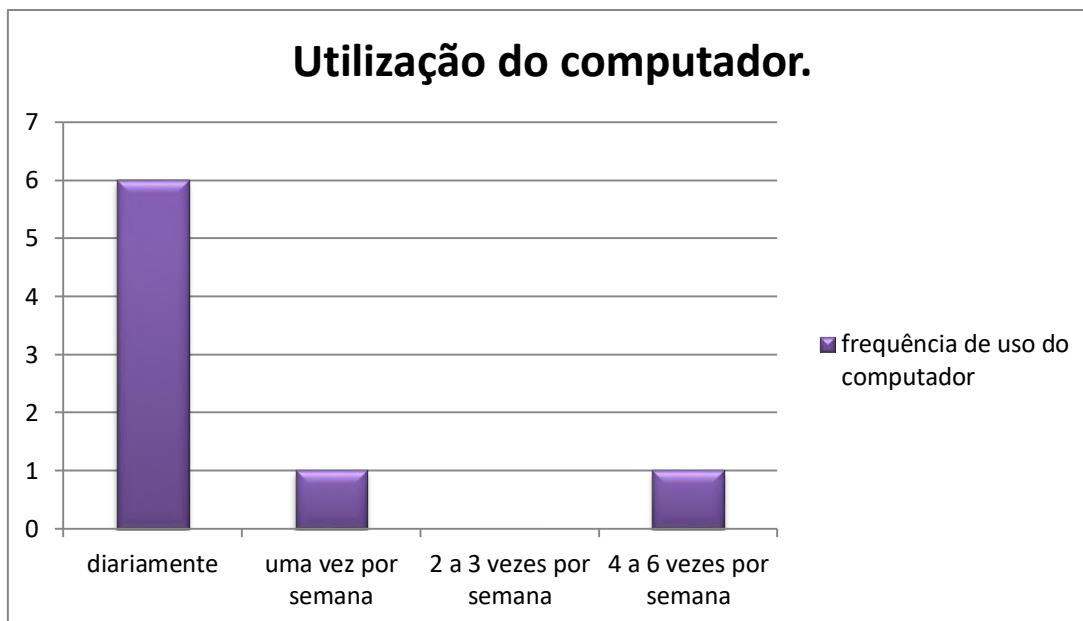


Figura 5.6: Representação gráfica das respostas da questão 5.c referente ao perfil do aluno.

Na questão 6 levantou-se o domínio dos alunos nas ferramentas mais comuns que o computador e a internet oferecem aos usuários. Os alunos afirmaram ter um bom domínio em sites de busca, editor de texto e redes sociais (Figura 5.7). Jogos virtuais e planilhas eletrônicas são os instrumentos de menor domínio entre eles.

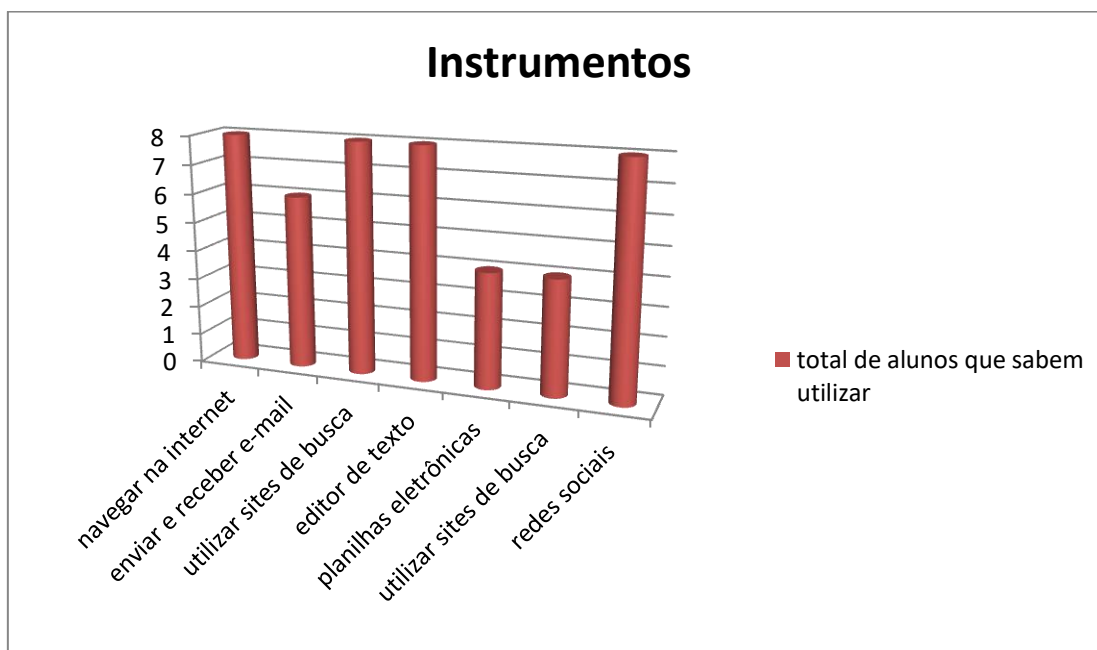


Figura 5.7: Representação gráfica das respostas da questão 6 referente ao perfil do aluno.

Na questão 7, procurou-se verificar se os professores solicitam o uso do computador e/ou internet em suas aulas. A maioria afirmou que a navegação na internet é solicitada pelos professores como mostrado na figura 5.8.

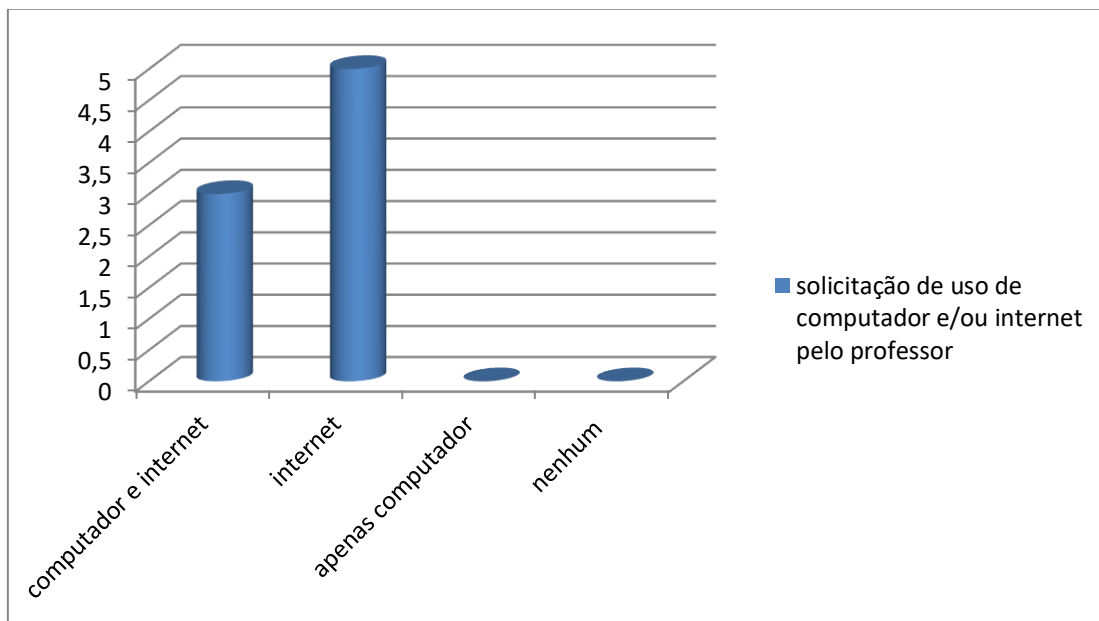


Figura 5.8: Representação gráfica das respostas da questão 7 referente ao perfil do aluno.

Já as questões 8 e 9 dizem respeito à frequência de acesso à internet, seja na escola ou fora dela, e qual tipo de internet (*wifi*, 3G ou 4G) os alunos têm acesso. Os resultados destas questões estão mostrados nas figuras 5.9 e 5.10, respectivamente.

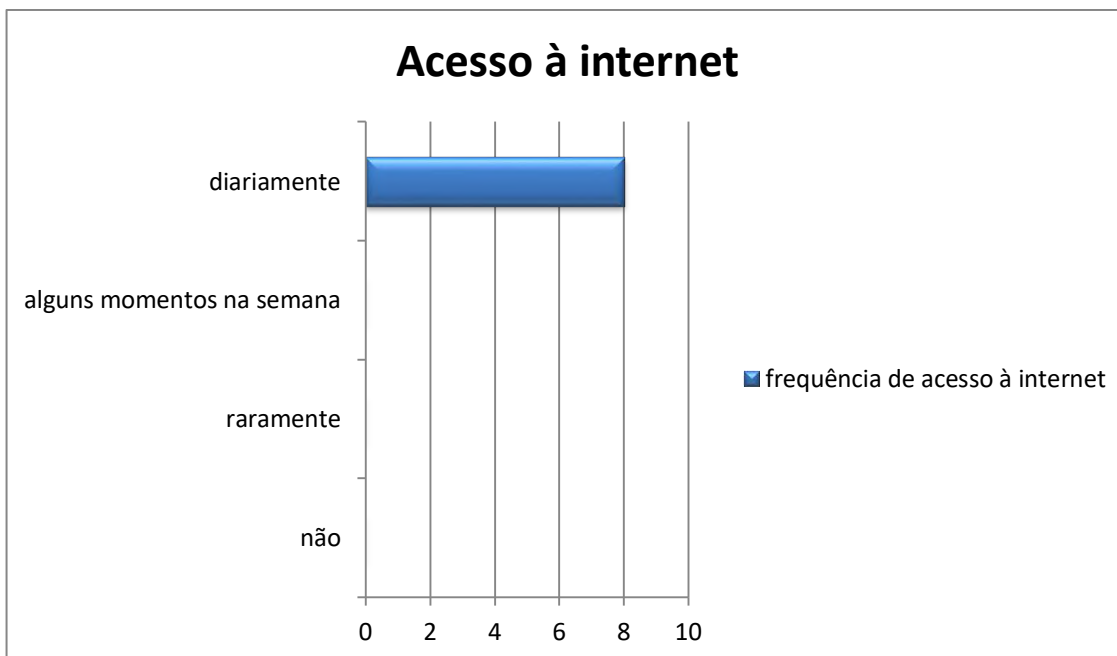


Figura 5.9: Representação gráfica das respostas da questão 8 referente ao perfil do aluno.

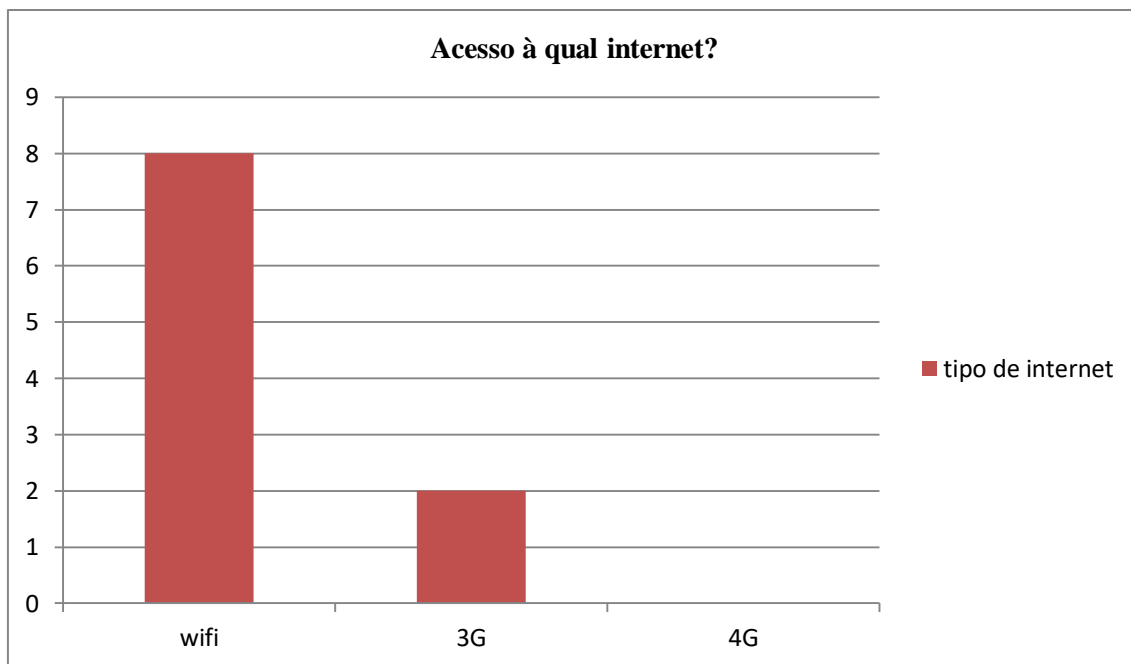


Figura 5.10: Representação gráfica das respostas da questão 9 referente ao perfil do aluno.

A questão 10 trata, especificamente, da finalidade com a qual utilizam a internet. Ficou bem claro que as redes sociais são ambientes mais visitados pelos alunos, seguido pelos sites de *download* ou exibição *online* de filmes e séries, evidenciando que o uso dos recursos online para estudo ainda não é bem difundido entre eles (Figura 5.11).

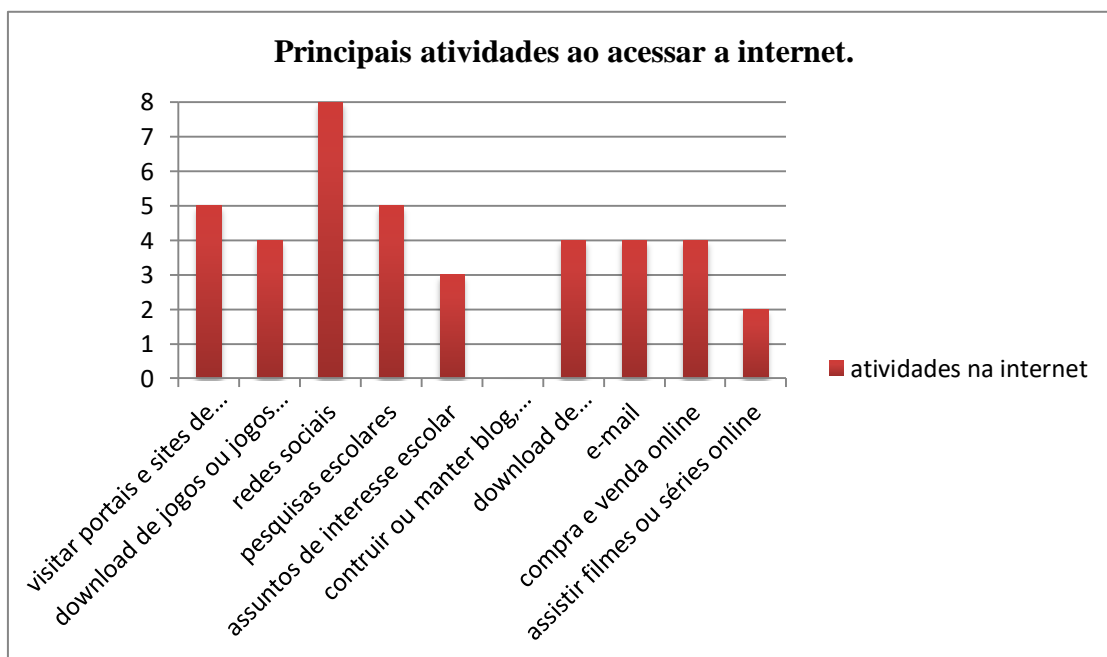


Figura 5.11: Representação gráfica das respostas da questão 10 referente ao perfil do aluno.

Na questão 11, os alunos deveriam assinalar entre zero (nunca consegue encontrar o que busca) e cinco (sempre obtém sucesso na busca) para revelar o grau de sucesso que obtêm ao usarem o ciberespaço para buscas e pesquisas, indicando seu grau de satisfação. A grande maioria assinalou os valores três ou quatro (Figura 12), cujo resultado pode ser considerado satisfatório.

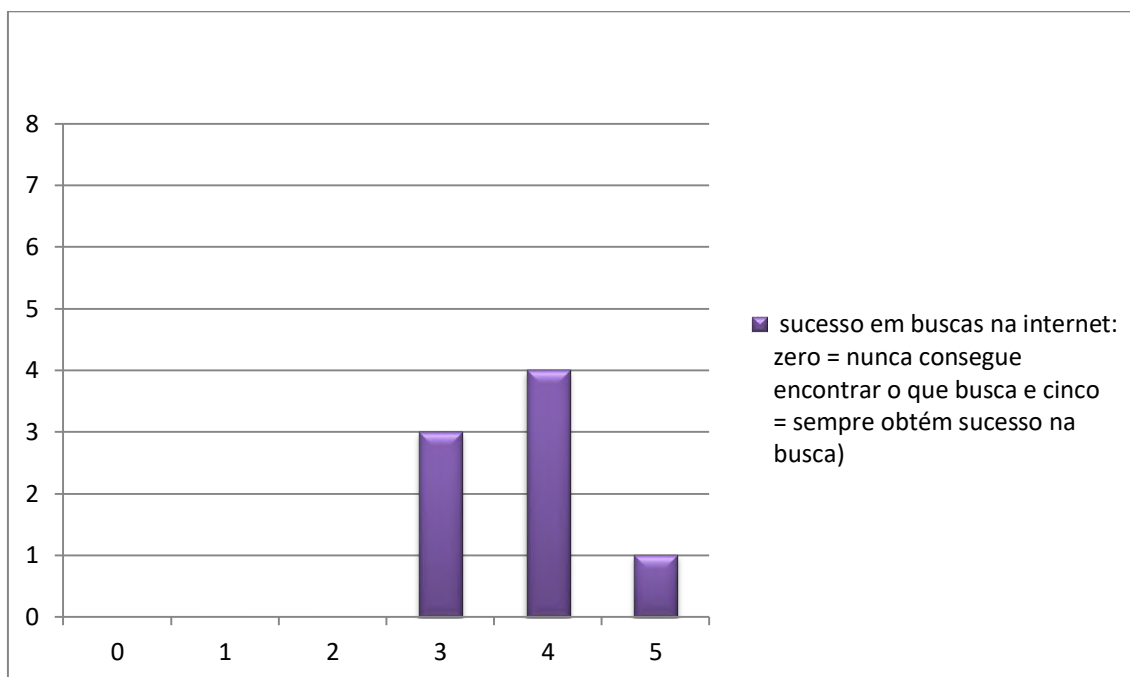


Figura5.12: Representação gráfica das respostas da questão 11 referente ao perfil do aluno.

### 5.3.2 Análise do pré - teste e pós - teste:

Iremos apresentar e analisar as respostas dadas às questões presentes nos Questionários 2 (Apêndice C) e 3 (Apêndice D), aplicados aos alunos participantes do curso para verificação da evolução da construção do conhecimento científico do conteúdo gravitação com a utilização do produto hipermídia. As questões propostas no Questionário 2 repetem-se no Questionário 3, sendo que neste último mais quatro questões foram acrescentadas e serão analisadas separadamente ao final do estudo comparativo.

Para avaliarmos o desenvolvimento da estrutura cognitiva dos alunos participantes acerca do tema gravitação, as questões de 1 a 6 do pré-teste e de 1 a 8 do pós-teste referiam-se aos conceitos da Mecânica Clássica, baseadas na Lei da Gravitação Universal formulada por Newton no século XVII e publicada em seu livro *Philosophiae Naturalis Principia*. A partir da questão 7 do pré-teste e 9 do pós-teste tratamos dos conceitos de Cosmologia Moderna e da gravidade no contexto da Teoria da

Relatividade de Einstein. Ao final da análise de cada questão, gráficos e/ou tabelas foram inseridos para facilitar a compreensão dos resultados obtidos. Para as questões coincidentes nos Questionários 2 e 3 a análise foi feita por comparação de modo análogo àquela realizada por Joaquim (2013) em sua dissertação de mestrado.

É importante ressaltar que os alunos já traziam consigo conhecimentos sobre as Leis de Kepler (ver, por exemplo, Alonso & Finn, 1972), trabalhadas na unidade anterior à aplicação do projeto e não incluídas na hipermídia. Esses conhecimentos são importantes para que se possa compreender a construção da Lei da Gravitação Universal.

Na questão 1 dos dois questionários os alunos deveriam explicar o motivo de uma maçã cair em direção ao solo ao desprender da macieira. Tanto no pré-teste, como no pós-teste a maioria associou a queda da maçã à gravidade ou à força gravitacional, afirmando ser esta uma força atrativa e que “puxa” os corpos para o centro da Terra. Pelas respostas analisadas podemos observar que ainda é muito forte a ideia de que a gravidade é algo inerente ao corpo de maior massa, no caso a Terra, como o aluno *D* afirma em suas respostas.

Pré-teste: *“Por causa da gravidade da terra que é maior e faz com que a maçã caia e não flutue.”*

Pós-teste: *“Porque todos os corpos quando estão na Terra possui [sic] gravidade.”*

Considerou-se como satisfatório o aluno que respondesse ser a gravidade ou a força gravitacional a responsável pela queda da maçã na Terra. As Figuras 5.13 e 5.14 mostram os resultados observados na análise do pré-teste e do pós-teste no qual “certo” equivale à porcentagem de alunos que responderam satisfatoriamente à questão. Observou-se que não houve uma mudança significativa no índice de acertos de um teste para o outro, visto que, inicialmente, já era elevado o índice daqueles que responderam satisfatoriamente à questão.

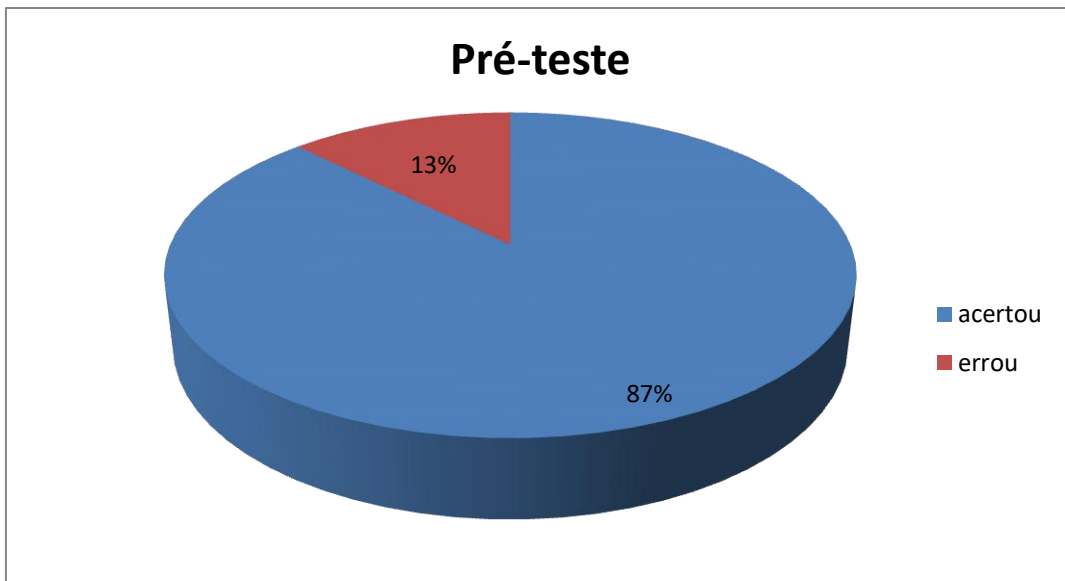


Figura 5.13: Representação gráfica das respostas da questão 1 referente ao pré-teste.

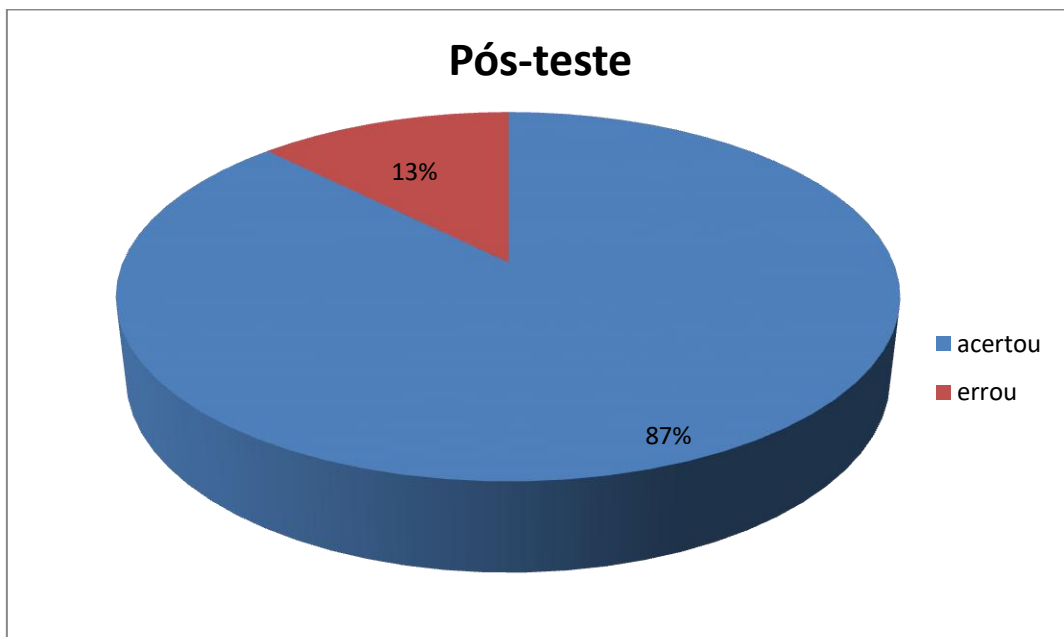


Figura 5.14: Representação gráfica das respostas da questão 1 referente ao pós-teste.

Na questão 2 foi apresentada a imagem de um astronauta flutuando pelo lado de fora de uma estação espacial. No pré-teste os alunos deveriam propor uma explicação para que o astronauta flutuasse. Observou-se que a grande maioria afirmou que tal fenômeno seria em função da gravidade ou da força gravitacional ser menor no espaço. Nenhum aluno soube explicar corretamente o fenômeno da imponderabilidade dos corpos, como mostrado na Figura 5.15 do gráfico do pré-teste. No pós-teste, a mesma questão foi colocada, porém o aluno possuía as seguintes opções para assinalar:

Por que o astronauta “flutua” no espaço?

- ( ) Porque não há ar.
- ( ) Porque a gravidade é menor no espaço.
- ( ) Porque tanto o astronauta quanto a espaçonave estão em queda livre em relação ao espaço.
- ( ) Porque não há gravidade.

A resposta correta para o fenômeno é a opção “*Porque tanto o astronauta quanto a espaçonave estão em queda livre em relação ao espaço.*”. Com base nas respostas dos alunos podemos perceber um crescimento na compreensão do fenômeno. A representação gráfica das respostas é dada na Figura 5.16.

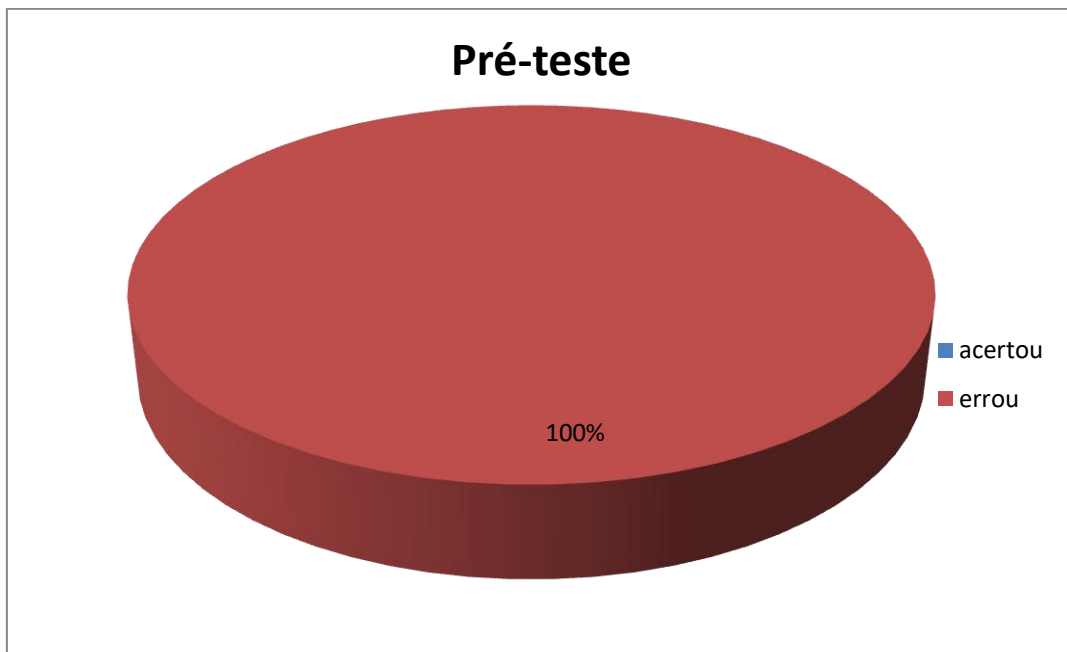


Figura 5.15: Representação gráfica das respostas da questão 2 referente ao pré-teste.



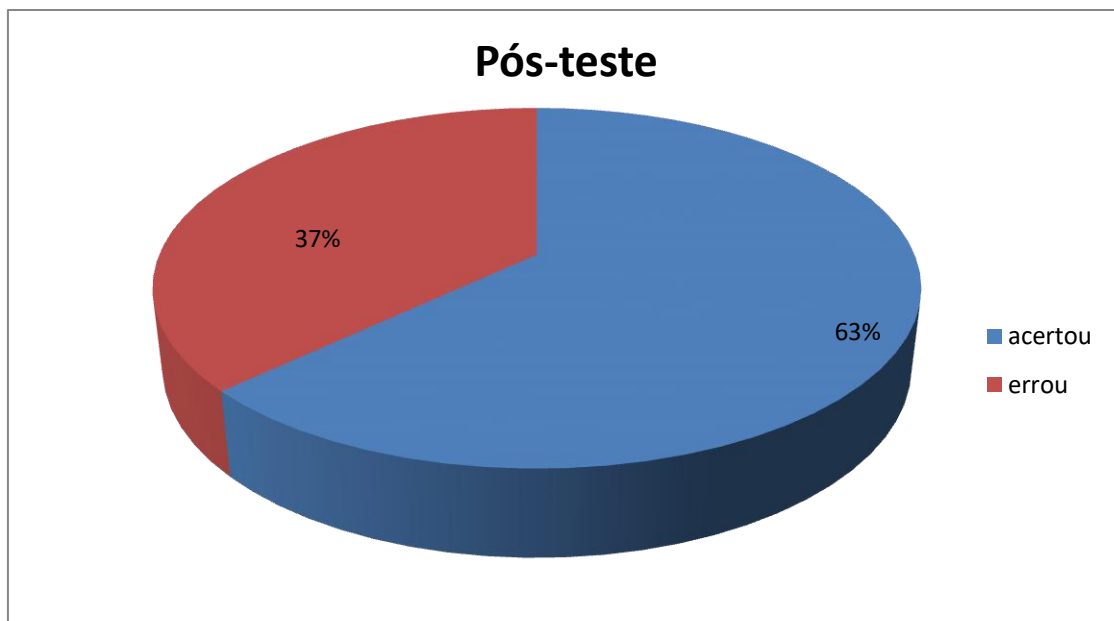


Figura 5.16: Representação gráfica das respostas da questão 2 referente ao pós-teste.

Entendemos que o tópico “Gravidade Zero” no módulo “Lei da Gravitação Universal” contribuiu para esse crescimento, pois o vídeo apresentado sobre um voo da empresa Zero-G<sup>30</sup>, que simula a imponderabilidade dos corpos através da queda livre do avião, chamou muito a atenção dos alunos durante o atendimento. O vídeo trazia uma explicação do fenômeno feita por um astronauta da Agência Aeroespacial Americana (NASA, da sigla em inglês).

A questão 3 do pré-teste trazia no seu enunciado a pergunta “O que é gravidade?”. A maioria dos alunos trazia consigo a ideia de que a gravidade é uma força e que é a responsável por puxar os corpos para “baixo”. Apenas o aluno *E* associou a gravidade à massa dos corpos e nenhum a relacionou à deformação do espaço-tempo por corpos massivos. O gráfico de barras da Figura 17 retrata algumas das respostas dadas pelos alunos e sua incidência entre eles.

<sup>30</sup> Zero-G - <https://www.gozerog.com/>

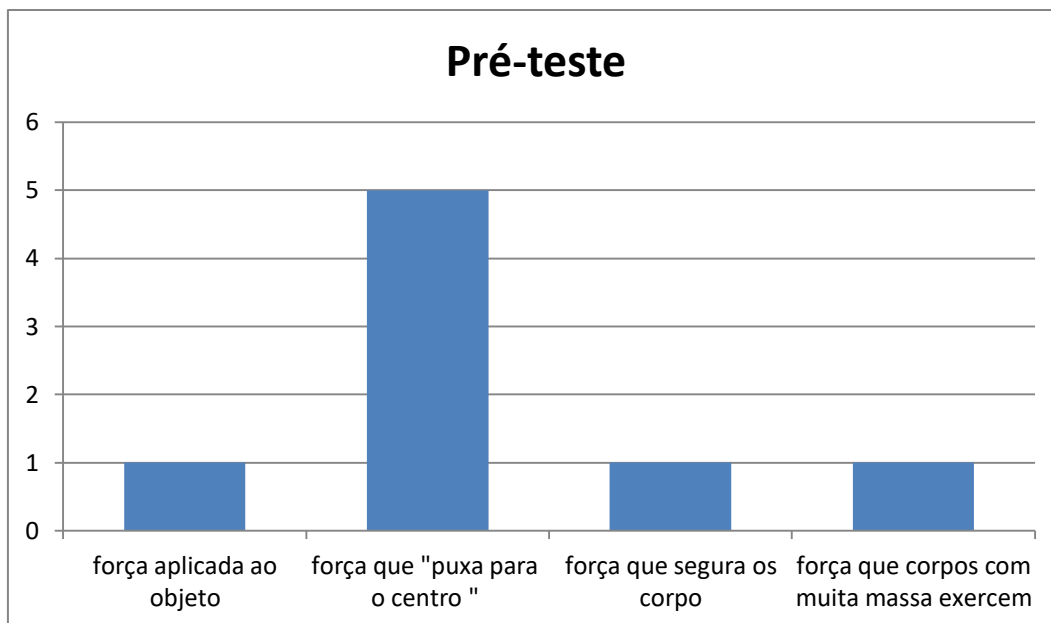


Figura 5.17: Representação gráfica das respostas da questão 3 referente ao pré-teste.

No pós-teste a pergunta foi modificada e teve o seguinte enunciado: “Para você o que é campo gravitacional?”. Nessa questão esperou-se que os alunos soubessem associar o conceito de campo a uma região em torno do corpo massivo onde ele é capaz de exercer a gravidade. Embora os alunos não tenham respondido com uma linguagem muito científica, a maioria das respostas associou o campo a um lugar, ao espaço ou área onde a gravidade é exercida pelo corpo, como podemos ver nas respostas dos alunos C e F.

Aluno C: *“Lugar no espaço onde existe gravidade...”*

Aluno F: *“É uma determinada área onde os corpos sofrem o efeito da gravidade.”*

O gráfico da Figura 5.18 revela a análise das respostas dadas pelos alunos para essa questão:

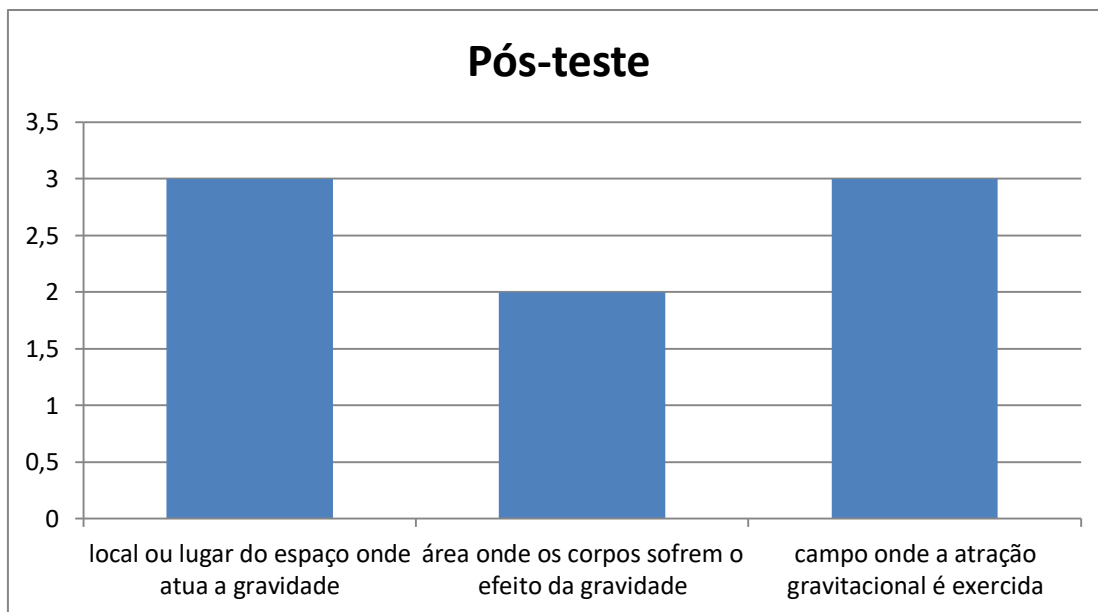


Figura5.18: Representação gráfica das respostas da questão 3 referente ao pós-teste.

Nas questões 4 e 5 de ambos os testes procurou-se analisar se os alunos associam a intensidade da força gravitacional às massas dos corpos, bem como à distância que os separa. Na questão 4 o enunciado pedia que os alunos propusessem uma explicação para o fato de a gravidade da Lua ser menor que aquela observada na Terra. Sabe-se que a intensidade da gravidade na superfície do astro pode ser determinada através da equação,

$$g = \frac{G.M}{R^2}, \quad (1)$$

em que  $G$  é a constante universal da gravitação ( $G = 6,7 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ ),  $M$  e  $R$ , a massa e o raio médio do astro, respectivamente. Observada a dependência entre  $g$ ,  $M$  e  $R$  (este último como medida do tamanho), na equação (1), naturalmente chega-se à conclusão de que “ $g$ ” lunar é menor que o valor encontrado para “ $g$ ” terrestre.

No pré-teste alguns alunos associaram a “ausência de ar” à menor gravidade, alguns afirmaram acertadamente ser a massa ou o “tamanho” como fator determinante para a intensidade da gravidade. Observemos algumas respostas dadas pelos alunos ao pré –teste e ao pós-teste.

Aluno A: “... Alua está no espaço sem ar ou camadas presentes na Terra...”

Aluno G: “Pelo fato de a Lua ter menos massa que a Terra...”

Nas Figuras 5.19 e 5.20 encontramos, respectivamente, os gráficos nos quais podemos analisar o índice de respostas dos alunos ao pré-teste e ao pós-teste,

considerando como certa o aluno que afirmou ser a menor massa da Lua ou seu “tamanho” menor como causa do fenômeno abordado na questão.

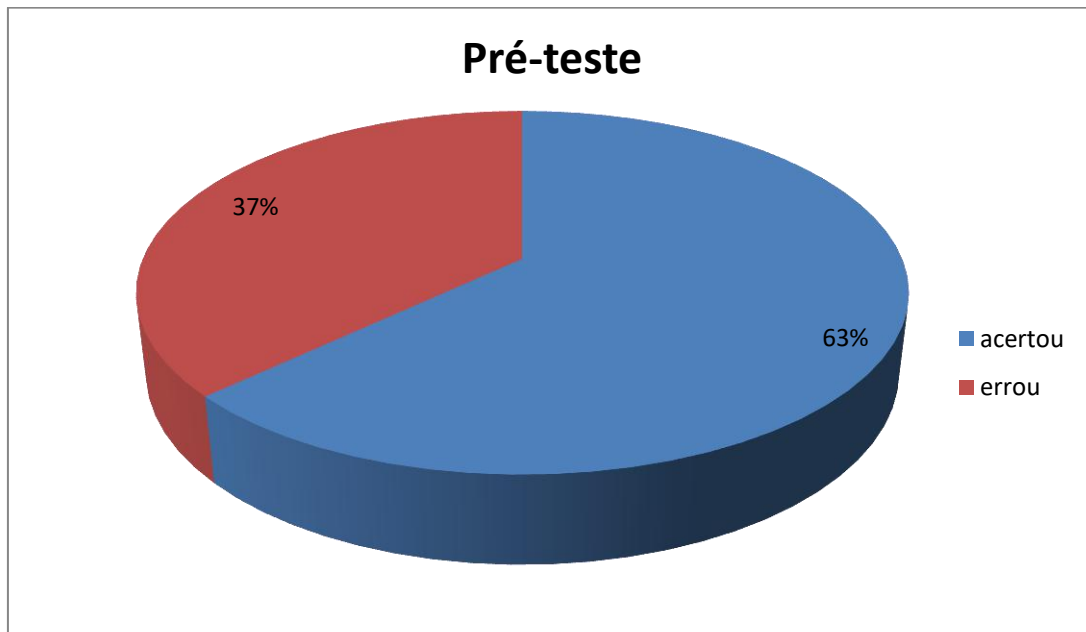


Figura 5.19: Representação gráfica das respostas da questão 4 referente ao pré-teste.

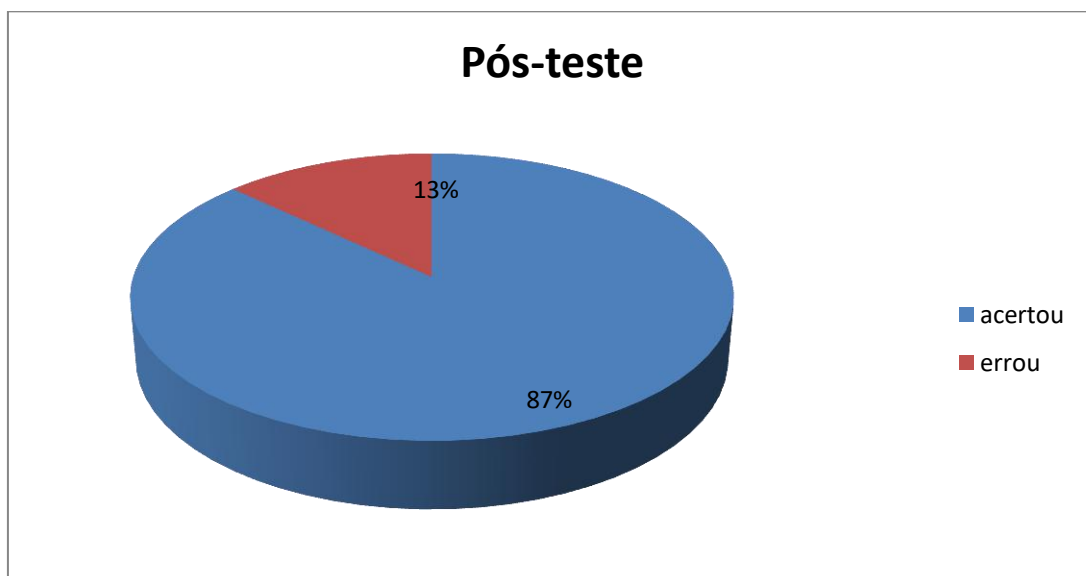


Figura 5.20: Representação gráfica das respostas da questão 4 referente ao pós-teste.

Na questão 5, os alunos teriam que observar uma imagem com situações em que, ora a massa dos corpos era alterada, ora a distância era alterada como retratadas na Figura 5.21 no pré-teste e Figura 5.22 no pós-teste. A partir dessa observação, precisariam ordenar a intensidade da força gravitacional em cada situação.

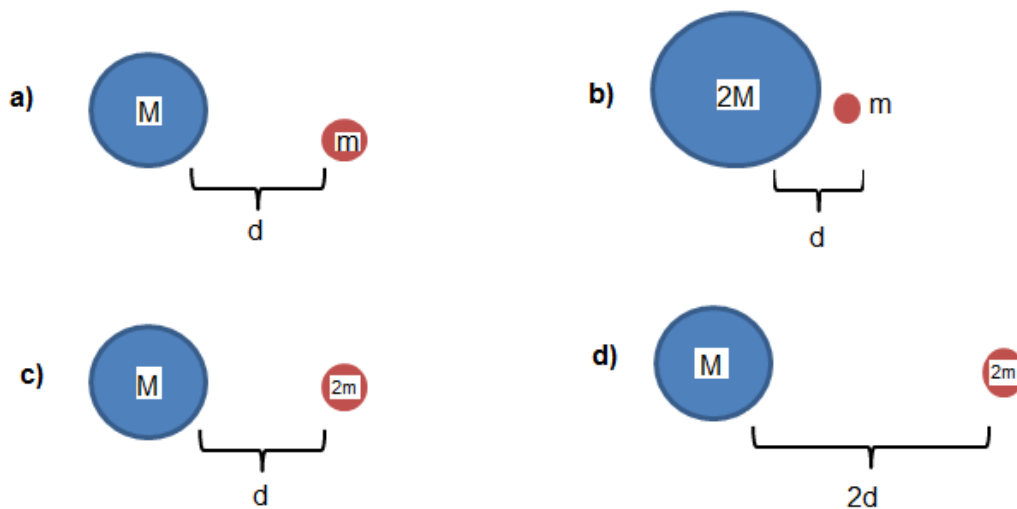


Figura 5.21: Questão 5 do pré-teste na qual os alunos deveriam observar a imagem e ordenar de maneira crescente a intensidade da força gravitacional entre os astros representados.



Figura 5.22: Questão 5 do pós-teste na qual os alunos deveriam observar a imagem e ordenar de maneira crescente a intensidade da força gravitacional entre os corpos representados.

No pré-teste e no pós-teste os índices de acerto foram idênticos como os gráficos da Figuras 5.23 e 5.24 revelam, porém como observado pelo pesquisador durante o atendimento, no pré-teste os alunos não possuíam muita segurança em suas afirmações e solicitaram o pesquisador para entender do que se tratava a situação problema. Notou-se também que eles têm muita dificuldade em ordenar. Após o uso do *Simulador Phet Colorado* na atividade 2 do módulo “Lei da Gravitação Universal” os alunos responderam com mais confiança ao pós-teste, sem solicitar a ajuda do pesquisador.

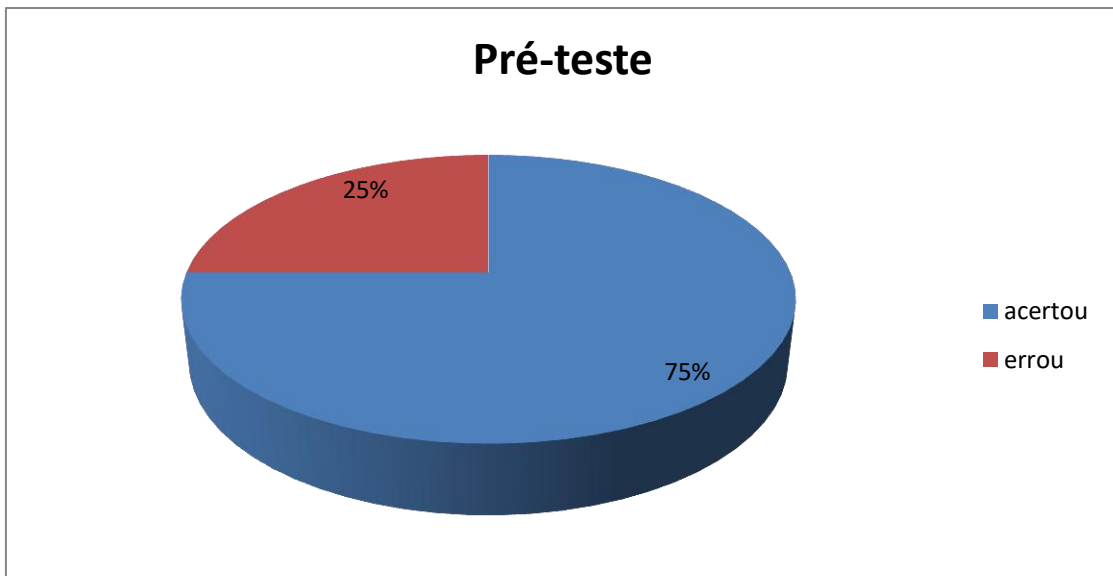


Figura 5.23: Representação gráfica das respostas da questão 5 referente ao pré-teste.

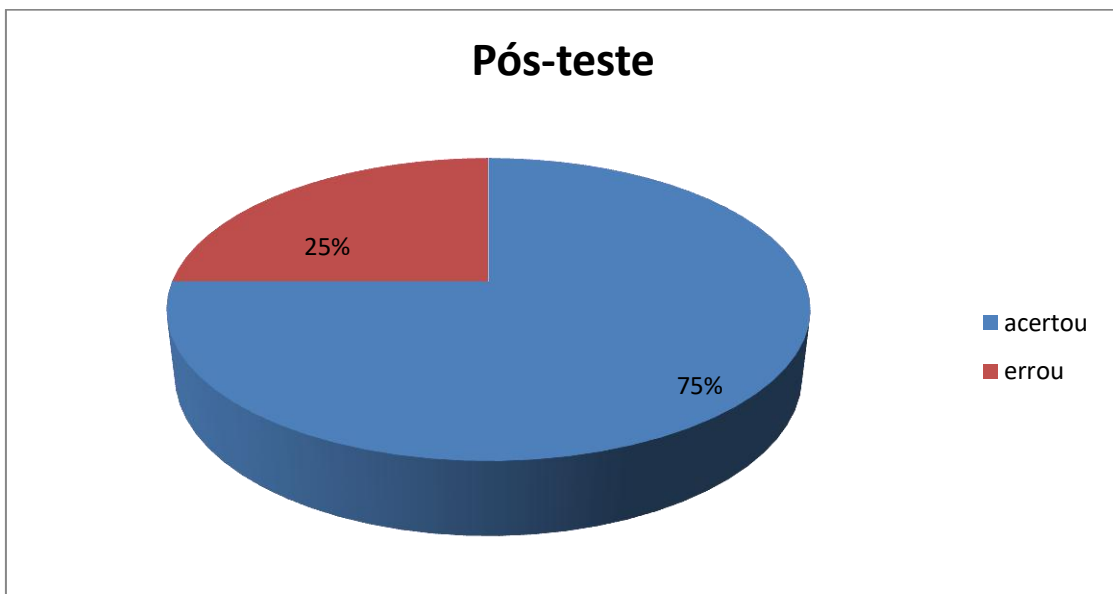


Figura 5.24: Representação gráfica das respostas da questão 5 referente ao pós-teste.

Para reforçar se realmente os alunos haviam compreendido a relação massa/distância como grandezas relevantes para a determinação da intensidade da força gravitacional para a Mecânica Newtoniana, foram introduzidas as questões 6 e 7 no pós-teste. Na questão 6 o aluno deveria descrever qual a relação entre as massas dos corpos e a intensidade da força gravitacional e na questão 7 os mesmos deveriam estabelecer a relação entre a distância entre os corpos e a intensidade da força gravitacional. Foi possível observar que a maioria dos alunos possui, em sua estrutura cognitiva, a relação correta dessas grandezas, como observado nas respostas dadas pelos alunos abaixo:

Aluno A: “A força gravitacional está ligada à massa dos corpos e é proporcional a ela. Quanto maior a massa maior será a força.”

“Pois quanto maior a distância entre os corpos, menor será a força entre eles.”

Aluno G: “Maior massa, maior força”.

“Quanto maior a distância menor a força entre eles”.

Considerou-se como “acerto” na questão 6 o aluno que respondeu que quanto maior a massa, maior seria a força gravitacional ou outra resposta com o mesmo significado. Para a questão 7, foi considerado “acerto” a resposta em que o aluno relacionava uma maior distância a uma menor força gravitacional ou vice-versa. As Figuras 5.25 e 5.26 retratam os gráficos para o índice de “acertos” das questões 6 e 7 do pós-teste, respectivamente.

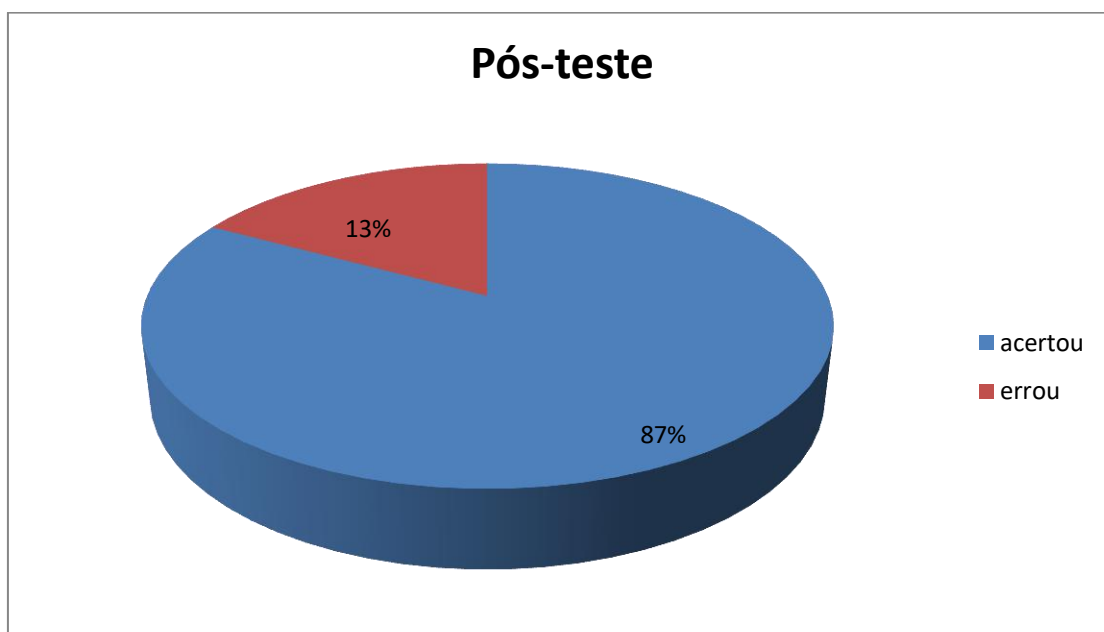


Figura 5.25: Representação gráfica das respostas da questão 6 referente ao pós-teste.

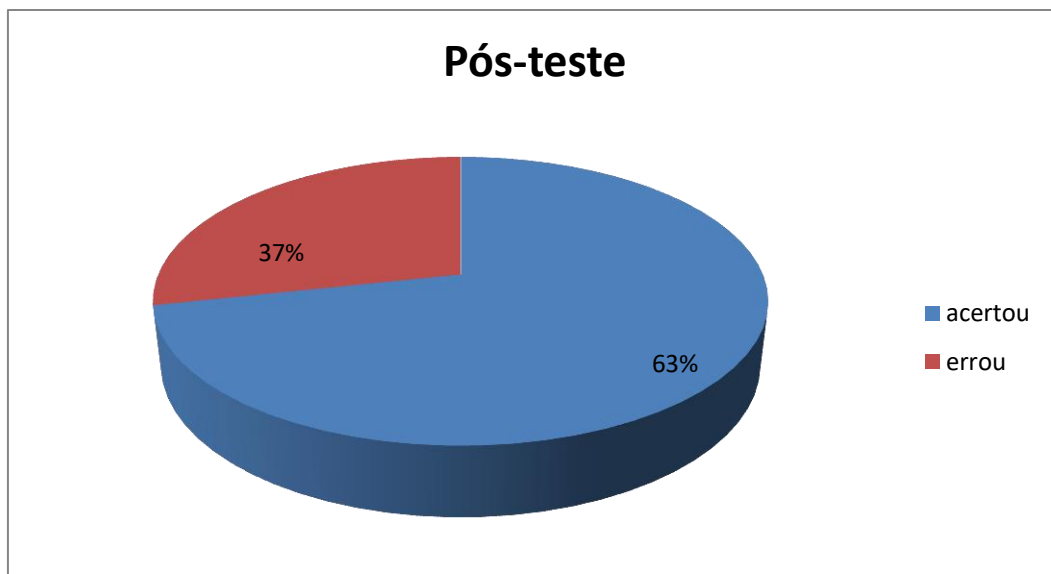


Figura 5.26: Representação gráfica das respostas da questão 7 referente ao pós-teste.

Assim, acredita-se que a Atividade 2 da hipermídia com o uso do simulador de fato contribuiu para o crescimento e fortalecimento da estrutura cognitiva dos alunos para o conceito força gravitacional, contribuindo de maneira assertiva para uma aprendizagem significativa.

A questão 6 do pré-teste e a questão 8 do pós-teste apresentava uma situação hipotética em que ele cairia por um túnel que corta a Terra de um extremo ao outro, estando este livre de qualquer impossibilidade para tal viagem. Esse tema foi tratado no tópico Campo Gravitacional da hipermídia, visto ser comum a ideia errônea de que no centro da Terra a gravidade seja máxima para nosso planeta. Os alunos deveriam assinalar uma das quatro afirmativas que, segundo eles, melhor explicaria como seria o seu movimento pelo túnel. As alternativas seguem listadas abaixo:

(a) Você cairia com velocidade constante até o outro lado e pararia na borda oposta.

(b) Você cairia aceleradamente e sua velocidade aumentaria até chegar a borda oposta e então escaparia para o espaço.

(c) Você cairia desacelerando até chegar ao centro, onde pararia.

(d) Você cairia e a gravidade iria te acelerar até o centro e desacelerar a partir daí até a borda oposta, quando então ela te “puxaria” novamente e o processo reiniciaria, ficando você em um movimento de vai e vem constante entre uma borda e outra.

A opção correta é a alternativa (d), pois ao localizar-se no centro da Terra a gravidade seria nula, levando o corpo em queda nesse túnel a adquirir um movimento oscilatório



(Alonso & Finn, 1972). Nas Figuras 5.27 e 5.28 estão os gráficos com os resultados das respostas dadas pelos alunos no pré-teste e no pós-teste para nossa análise da evolução do pensamento acerca do conteúdo.

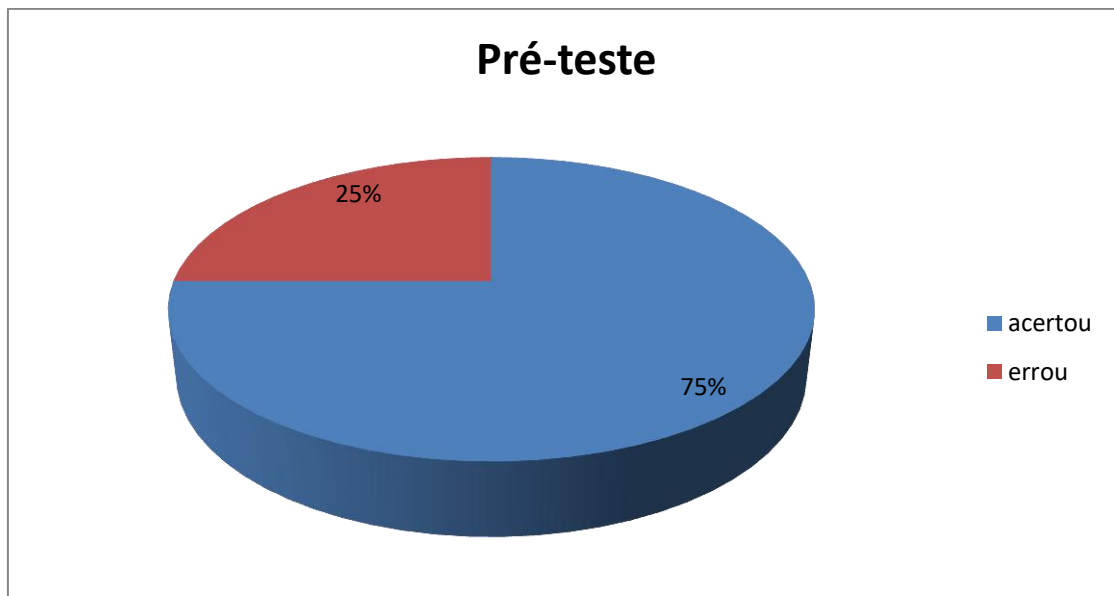


Figura 5.27: Representação gráfica das respostas da questão 6 referente ao pré-teste.

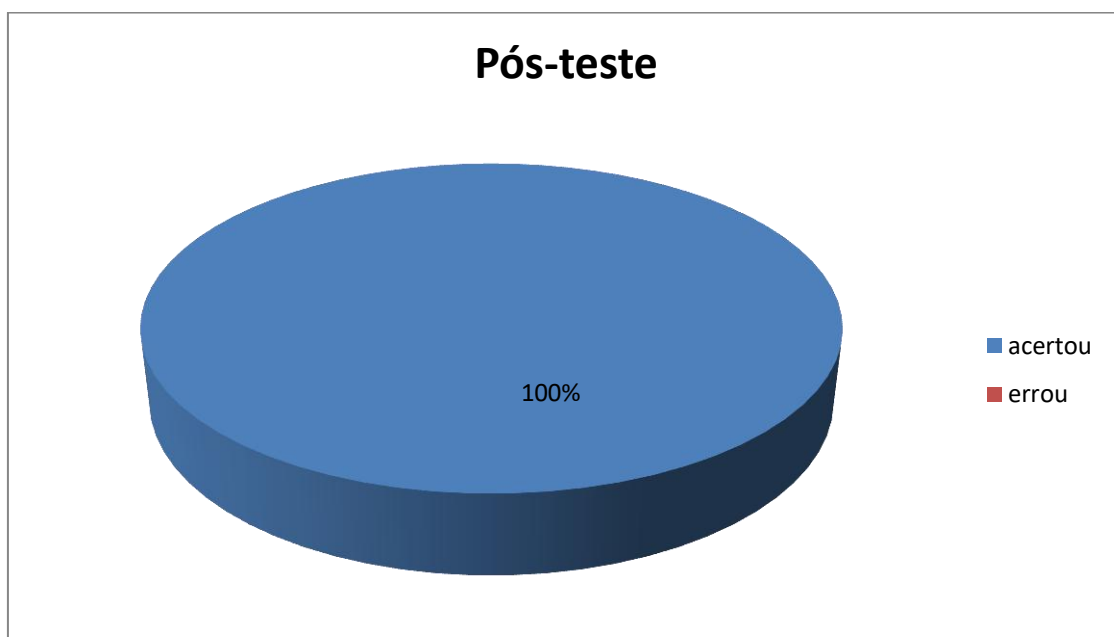


Figura 5.28: Representação gráfica das respostas da questão 8 referente ao pós-teste.

A questão 7 do pré-teste e 9 do pós-teste possuem o seguinte enunciado: “Imagine um raio laser superpotente, capaz de viajar pelo espaço. Para esse raio de luz,

necessariamente:”. Para respondê-la os alunos deveriam analisar quatro afirmativas e optar por aquela que julgasse ser a que explicasse corretamente o fenômeno. São elas:

(a) ele só poderia viajar em linha reta, logo seria impedido de continuar viajando ao encontrar um astro qualquer que servisse de obstáculo.

(b) ele poderia viajar em linha reta, atravessando os obstáculos como planetas, asteroides, estrelas, etc.

(c) ele seria capaz de curvar em determinadas situações e contornar astros como planetas e estrelas.

(d) impossível saber o que aconteceria com esse raio de luz.

Considera-se correta a opção (c), pois segundo a relatividade geral a luz também pode ser atraída por corpos massivos e, portanto, desviar de sua trajetória retilínea e formar miragens (Einstein 1936; Renn et al, 1997).

No pré-teste houve um grande número de alunos que assinalaram a opção (a), levando-nos a entender que eles possuem apenas a percepção da propagação retilínea da luz. Apenas o aluno E afirmou que luz poderia curvar em determinadas situações. Já no pós-teste podemos verificar um crescimento significativo no índice de acertos para a questão o que acreditamos ser em função do trabalho na hipermídia levá-los a conhecer a teoria da Relatividade Geral e o fenômeno das lentes gravitacionais. Nas Figuras 5.29 e 5.30 os gráficos revelam as respostas dadas pelos alunos aos testes e sua análise nos permite observar o crescimento da estrutura cognitiva do aluno para o conceito em questão.

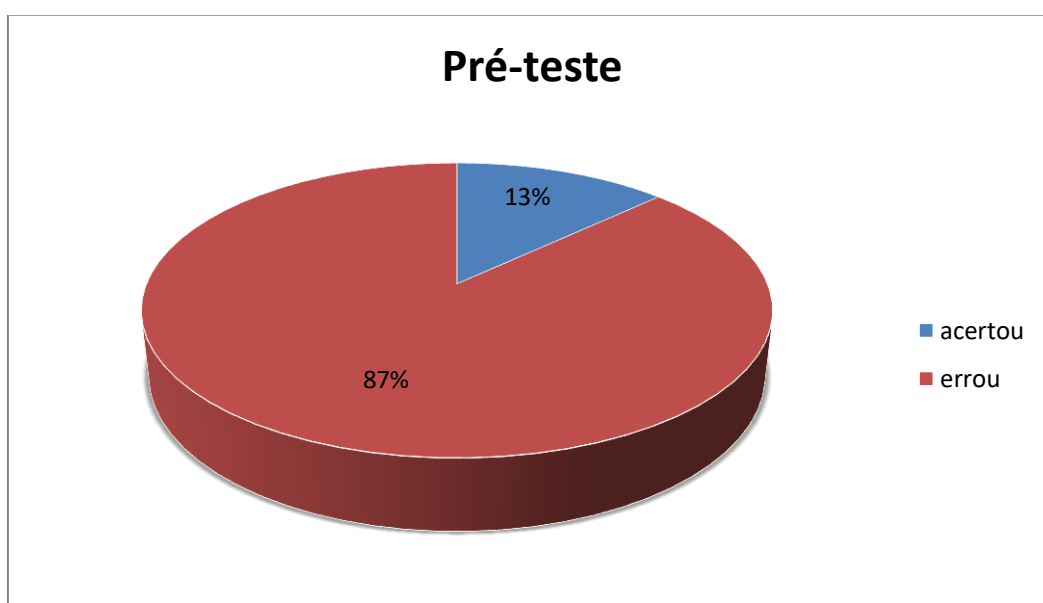


Figura 5.29: Representação gráfica das respostas da questão 7 referente ao pré-teste.

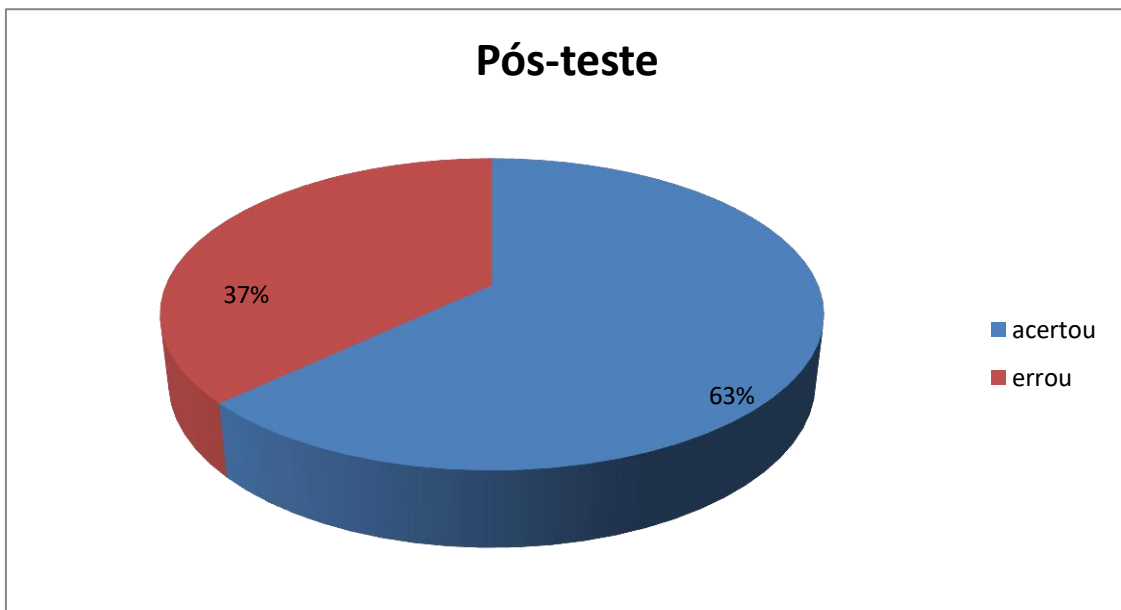


Figura 5.30: Representação gráfica das respostas da questão 9 referente ao pós-teste.

Nas questões 8 do pré-teste e 10 do pós-teste tratamos o tema geometria do universo e os alunos deveriam escolher uma das quatro opções de geometria que completasse a afirmativa “se fosse possível observarmos o universo de fora, ele provavelmente seria”. As opções de resposta eram (a) esférico, (b) cilíndrico, (c) plano e (d) hiperbólico. Os gráficos das Figuras 5.31 e 5.32 demonstram as respostas dos alunos para a questão, tanto no pré-teste quanto no pós-teste.

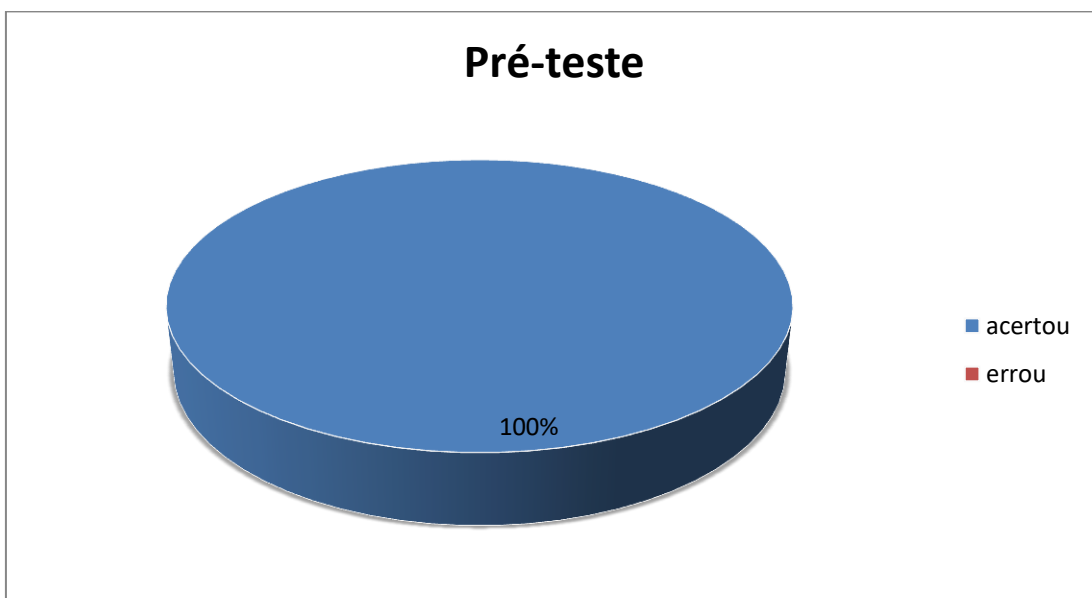


Figura 5.31: Representação gráfica das respostas da questão 8 referente ao pré-teste.

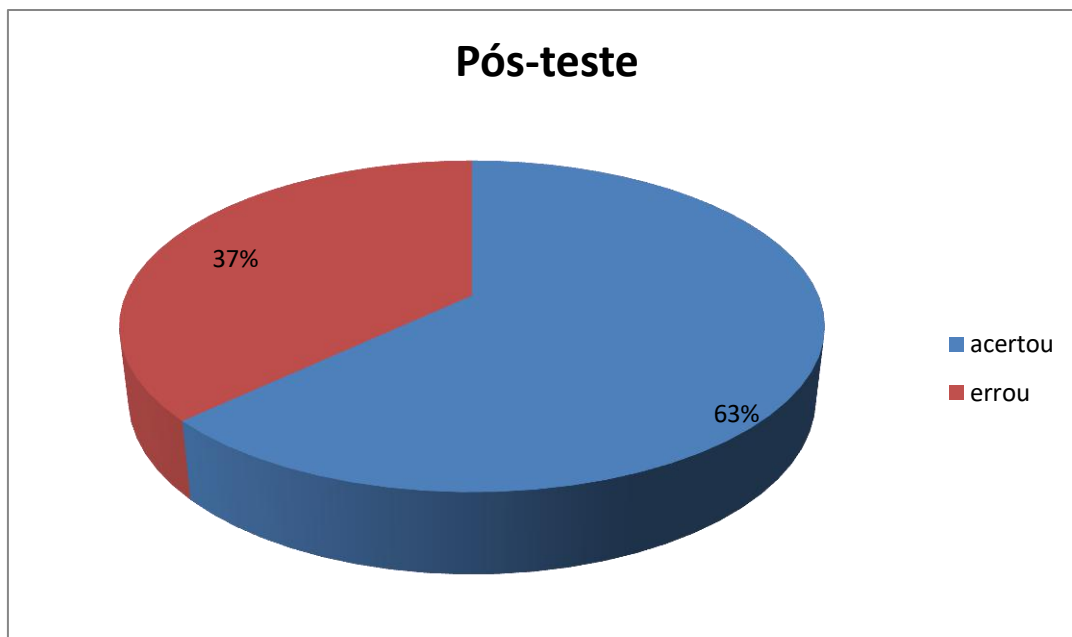


Figura 5.32: Representação gráfica das respostas da questão 10 referente ao pós-teste.

No pré-teste apenas o aluno F assinalou que o universo é cilíndrico, todos os demais afirmaram que este deveria ser plano. O módulo “Cosmologia” traz o tópico Geometria do Universo, porém mesmo após a leitura do texto e o estudo realizado houve uma queda no índice de acertos.

Nas questões 9 do pré-teste e 11 do pós-teste tratamos o conteúdo evolução cósmica e expansão do universo como podemos ver no enunciado: “O universo é um aglomerado de astros, poeira cósmica, energia e outros elementos mais. Podemos dizer que as estrelas e as galáxias entre si que formam o universo estão:”. Os alunos possuíam quatro afirmativas como opção de resposta:

- (a) mantendo a mesma distância entre si desde que se formaram.
- (b) estão afastando-se umas das outras, pois o universo está se expandindo.
- (c) estão aproximando-se umas das outras pois o universo está voltando à situação inicial, antes de sua formação.
- (d) nada sei a esse respeito.

A resposta correta para a questão era a afirmativa “b”, como sugerido pelas observações de supernova tipo Ia (SNIa), RCF dentre outros observáveis cosmológicos (Novello et al, 2010). Como podemos mostrar nas Figuras 5.33 e 5.34 que trazem os gráficos do pré-teste e do pós-teste, respectivamente, houve um crescimento na estrutura cognitiva dos alunos e a totalidade de acertos foi alcançada no pós-teste. Acredita-se que o

módulo “Cosmologia” da hipermídia contribuiu significativamente para esse crescimento.

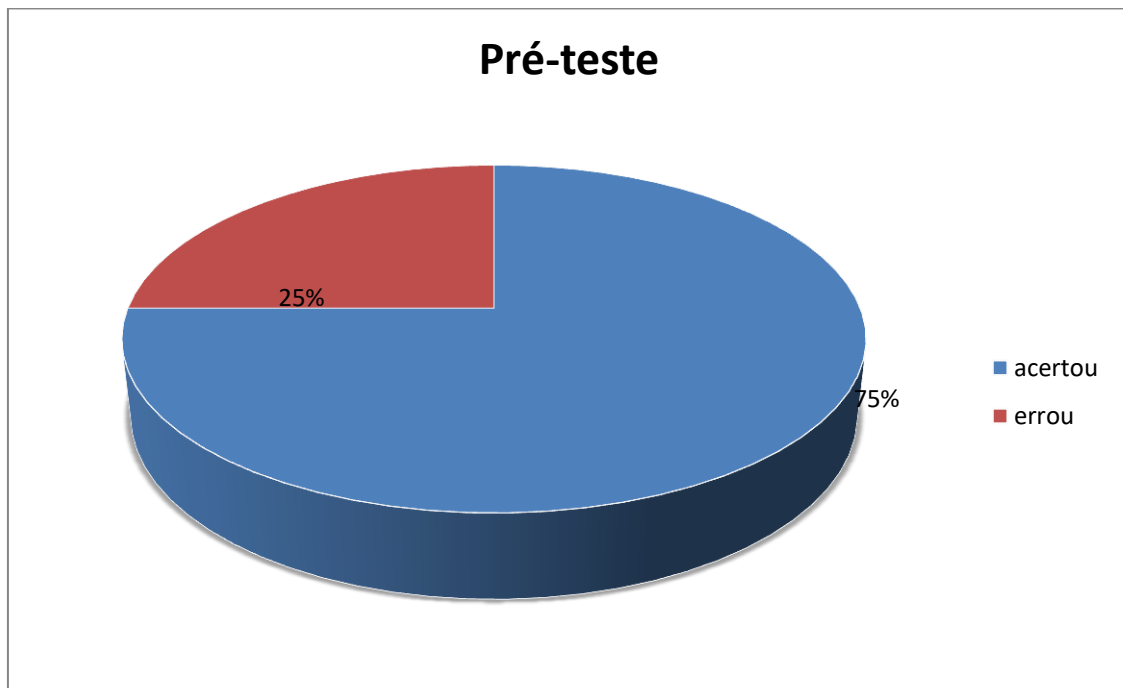


Figura 5.33: Representação gráfica das respostas da questão 9 referente ao pós-teste.

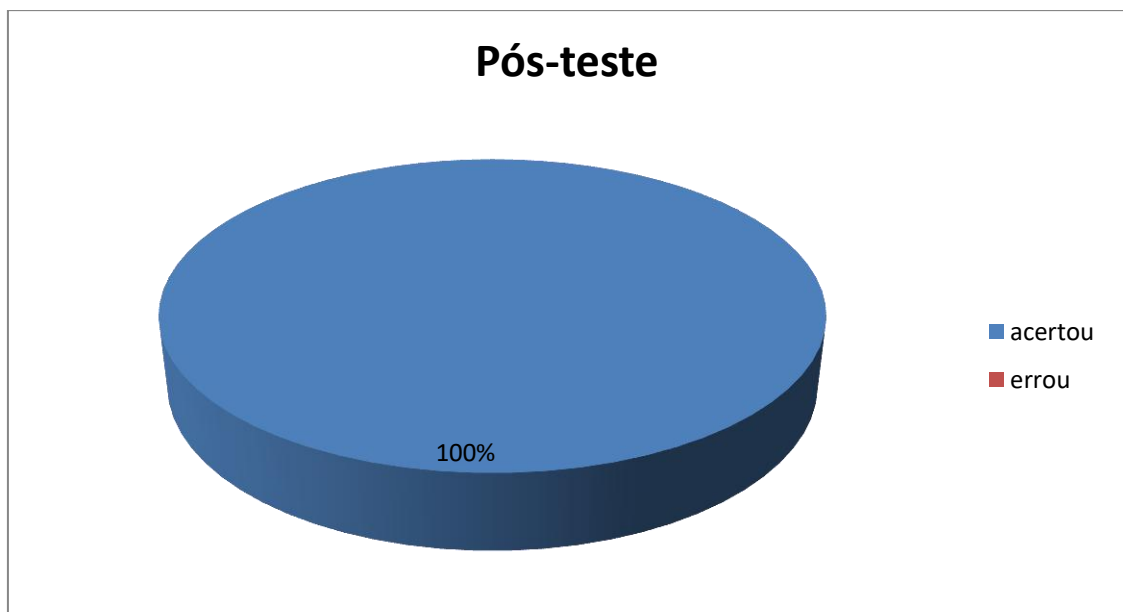


Figura 5.34: Representação gráfica das respostas da questão 11 referente ao pós-teste.

A última questão do pré-teste, a de número 10, coincide com a questão 12 do pós-teste e traz como enunciado o pedido para que os alunos assinalassem, dentre nove fenômenos listados, aqueles que poderiam ser associadas ao conceito de gravitação. São eles: o peso de um automóvel, o aquecimento global, o lançamento de mísseis, o

surgimento de estrelas, as marés, o movimento de translação dos planetas em torno do Sol, a erupção vulcânica, as constelações e os buracos negros. Os alunos poderiam assinalar quantas opções eles achassem pertinentes e a análise das respostas a essa questão estão nas Figuras 5.35 e 5.36 dos gráficos de porcentagem do pré-teste e do pós-teste.

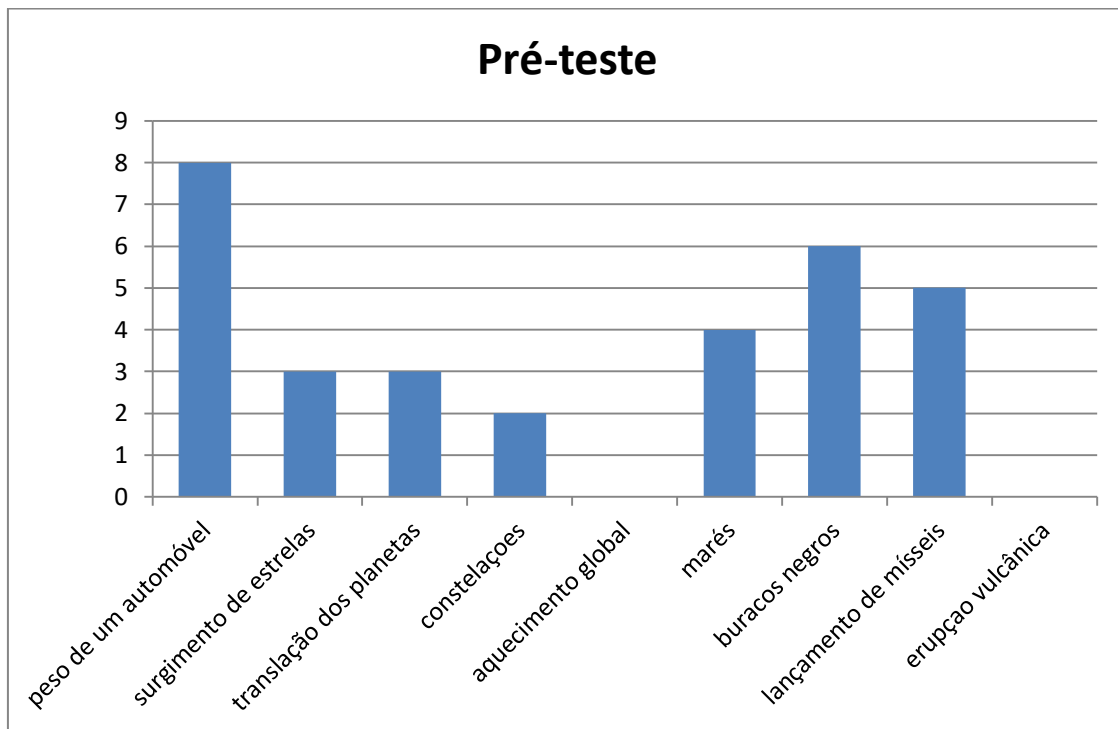


Figura 5.35: Representação gráfica das respostas da questão 10 referente ao pré-teste.

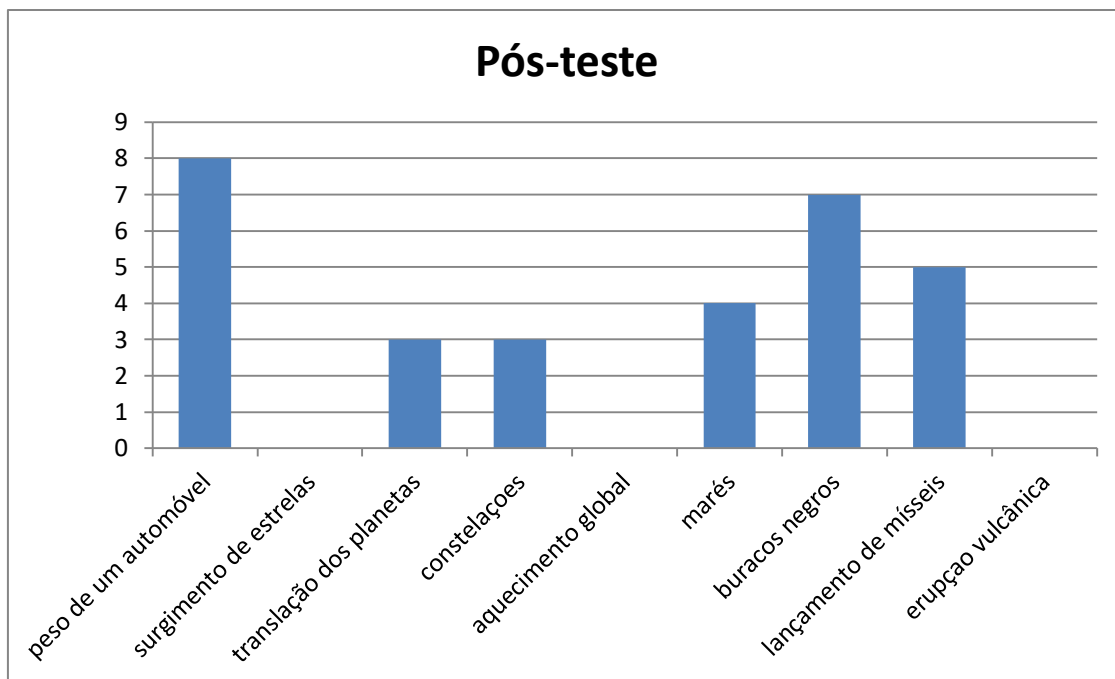


Figura 5.36: Representação gráfica das respostas da questão 12 referente ao pós-teste.

No pós-teste, foram apresentadas as questões 13 e 14 para observarmos se houve uma aprendizagem significativa sobre o tema Relatividade Geral.

A questão 13 apresentava ao aluno alguns pontos da gravitação sob a perspectiva da Mecânica Clássica e outros sob a perspectiva da Relatividade Geral. O aluno deveria assinalar aquelas que fossem de pertencimento à gravitação segundo a Teoria da Relatividade Geral de Einstein. Dentre as opções seguiam-se:

- a) espaço e tempo absolutos;
- b) força gravitacional descrita como interação das massas dos corpos;
- c) o valor da massa não muda com o estado dinâmico;
- d) força gravitacional descrita como uma modificação da geometria do espaço-tempo provocada pela massa que ela contém a deforma;
- e) o valor da massa inercial aumenta com a velocidade e tende ao infinito na velocidade da luz.

De acordo com a teoria proposta por Einstein, as duas últimas afirmativas poderiam ser assinaladas por estarem de acordo com os conceitos relativísticos para a gravidade. A análise das respostas dadas pelos alunos no pós-teste está transcrita na Figura 5.37 do gráfico de porcentagem, demonstrando o aproveitamento do grupo.

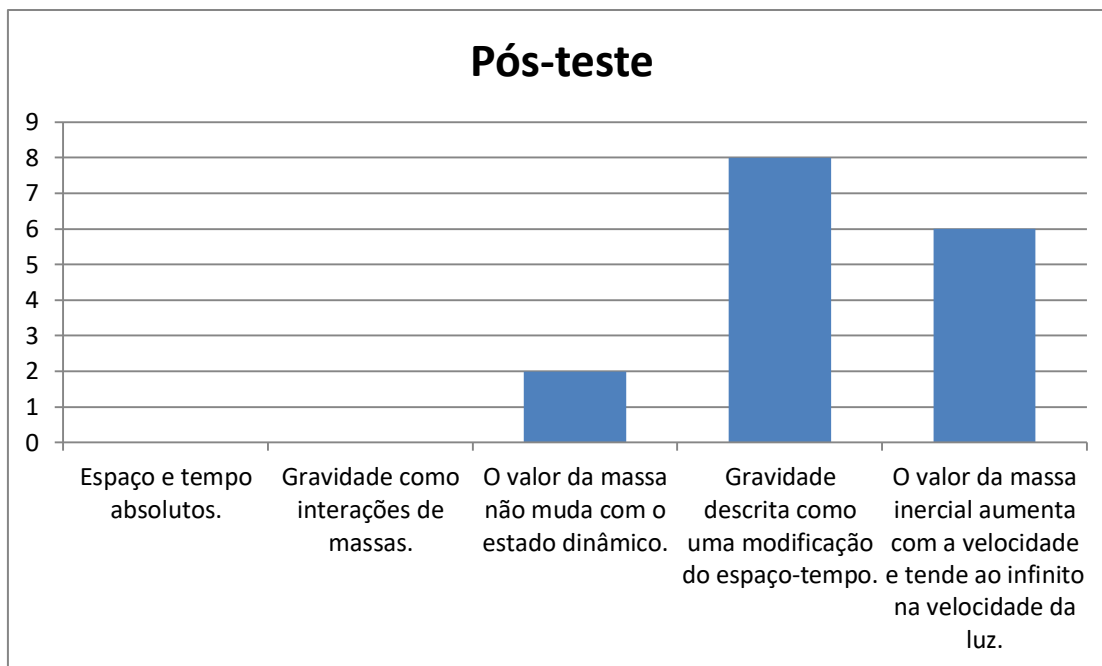


Figura 5.37: Representação gráfica das respostas da questão 13 referente ao pós-teste.

Acredita-se que todo o trabalho com a hiperfísica e, principalmente, o fechamento do módulo “Relatividade Geral” com um quadro síntese comparativo entre a gravitação clássica e a gravitação relativística tenham contribuído para que os alunos pudessem ter uma aprendizagem significativa do conteúdo.

Na questão 14 do pós-teste foi proposto aos alunos que eles assinalassem uma alternativa que estivesse coerente com a possibilidade de existência dos buracos negros. As opções de resposta estão citadas a seguir:

- a) é inteiramente previsível a partir da Teoria da Gravitação de Newton;
- b) poderia ter sido inferida a partir das leis de Kepler para o movimento de corpos celestes;
- c) somente se tornou previsível a partir da formulação da Teoria da Relatividade Restrita, com a imposição da constância da velocidade da luz;
- d) somente se tornou previsível a partir da formulação da Teoria da Relatividade Restrita, acrescentada da Teoria Quântica para emissão de corpos negros;
- e) somente se tornou previsível a partir da formulação da Teoria da Relatividade Geral.

A afirmativa considerada correta é a última, visto que a atração da luz pela gravidade só foi prevista com exatidão pela Teoria da Relatividade Geral (Einstein 1936). As duas primeiras afirmativas relacionam-se ao conceito da Mecânica Clássica para a gravidade,



que seria fruto da interação das massas. Já as terceira e quarta afirmativas tratam da Relatividade restrita que é mais específica para a descrição do espaço-tempo.

A análise das respostas nos permite observar que um bom número de alunos apresentou uma compreensão correta da interação gravidade/luz/buracos-negros, como mostrado na Figura 38.

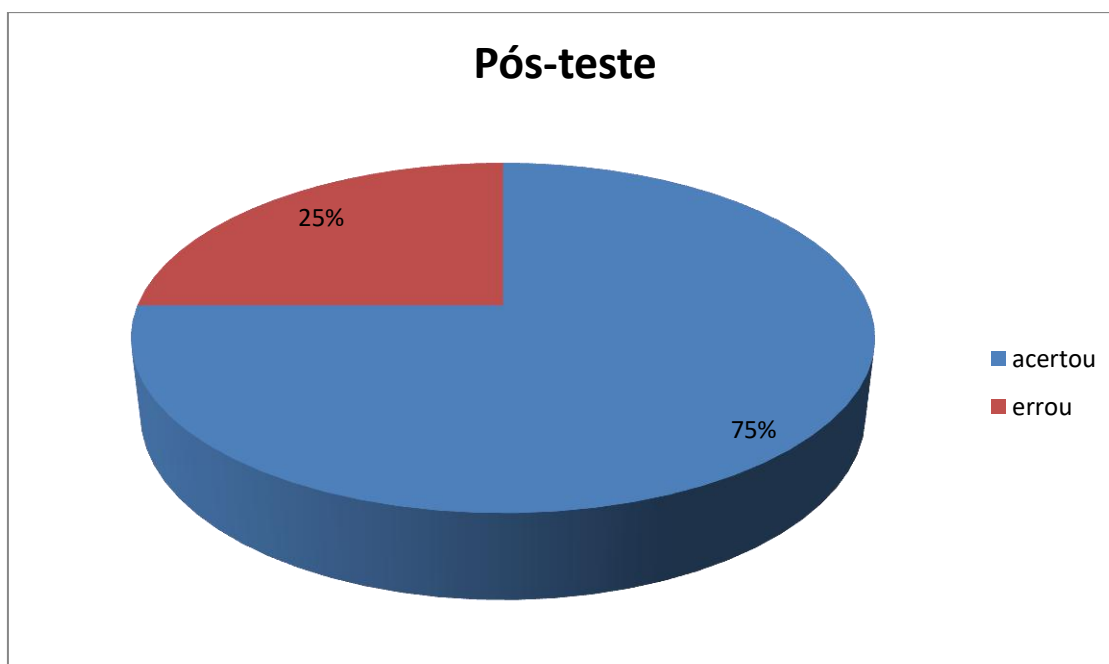


Figura 5.38: Representação gráfica das respostas da questão 14 referente ao pós-teste.

### 5.3.3 Resultados da avaliação da hiperfísica pelos alunos:

Após a aplicação do pós-teste, os alunos responderam o Questionário 4, apresentado no Apêndice E desse trabalho, que teve por objetivo avaliar o produto hiperfísica, o atendimento feito durante a sua aplicação, o conteúdo, as atividades propostas, bem como a relevância do trabalho para uma aprendizagem significativa. Todos os oito alunos participantes do curso responderam o questionário e, embora não houvesse a necessidade de se identificar no questionário, todos eles não se eximiram da identificação.

Quanto ao uso do computador em sala de aula, 100% dos alunos disseram ser estimulante, assim como em sua totalidade classificaram como ótimo os conteúdos abordados durante o curso. Todos afirmaram que a abordagem dos conteúdos facilitou a construção do conhecimento sobre gravitação e 100% afirmou ser ótima a clareza e a abrangência dos materiais didáticos disponibilizados. Quanto à quantidade de atividades

ao longo do produto 63% classificaram como ótimo, 25% como boa e 12% como regular. Já com respeito a qualidade das atividades ao longo do curso 87% classificou como ótima e 13% como boa.

Ao avaliar a participação durante o curso, 63% classificou como boa a sua atenção durante as aulas com o uso da internet, 12% classificou como ótima e 25% como regular. Ao ser questionado se ele se distraía muito ao usar o computador, 50% alegou que não e 50% que às vezes.

Ao navegar na internet, 75% dos alunos alegaram que não se perdiam, saindo das fontes sugeridas para outras, enquanto 25% disseram que às vezes isso ocorria. No quesito interação com os colegas, 63% classificaram como boa, 25% como ótima e 12% como regular. Quanto ao tempo de duração do curso, 87% classificaram como ótimo o tempo estipulado para a realização das atividades e 13% disse que poderia haver mais tempo para as mesmas. Já o ritmo de estudo exigido pelo curso com a hipermídia, comparado com o ritmo de aprendizagem do aluno foi considerado adequado por 75% dos entrevistados, enquanto 12,5% disse que poderia ser mais rápido em contraponto com 12,5% que afirmou que poderia ser mais lento.

Sobre o curso em si e da proposta aplicada, 100% alegou que o formato apresentado favoreceu a sua aprendizagem, que faria outro curso utilizando esse recurso bem como recomendaria esse tipo de aula para outros professores. Quanto às intervenções feitas pelo mediador, 100% afirmou que favoreceu sua aprendizagem durante a aplicação da proposta. Um levantamento sobre a atividade que os alunos mais gostaram na hipermídia 50% escolheu o foguete de Einstein e com 12,5% de escolha foram citadas as atividades cosmologia, vídeos, simuladores e Lei da Gravitação Universal.

## Capítulo 6

### Considerações Finais

A sala de aula do século XXI necessita estar em sintonia com a sociedade tecnológica em que está inserida. É fato que a maioria dos educandos interagem frequentemente com o ciberespaço, seja através de computadores, *tablets* ou *smartphones* e sentem-se à vontade no mundo virtual. Assim, é importante que o processo ensino-aprendizagem contemple essa realidade e os educadores usem esse artifício tecnológico para facilitar a construção do conhecimento por parte dos alunos.

Outro ponto importante e que não podemos deixar à margem no ensino da Física é a FMC, pois esta é a área que contempla os saberes que possibilitam o entendimento de aparelhos e artefatos atuais, bem como diversos fenômenos cotidianos que somente podem ser compreendidos se alguns conceitos estabelecidos a partir da virada do século XX forem utilizados (Terrazzan, 1992).

Em concordância com Gil Pèrez (1987) acreditamos que o ensino da FMC possibilite aos alunos construir uma ideia de física articulada com o trabalho científico. O interesse dos alunos do Ensino Médio por aspectos do cotidiano encontram um grande obstáculo quando a FMC não está presente no currículo (Valadares 1998).

Foi mediante a visão da necessidade de trazer as TIC e a FMC para a sala de aula do século XXI que elaboramos a proposta desse trabalho de mestrado: a construção de uma hipermídia que proporcionasse uma maior interação entre objetos educacionais que encontramos no ciberespaço (vídeos, artigos, simuladores, hiperlinks, imagens, etc.) com um tema da FMC, a saber, a gravidade descrita pela Teoria da Relatividade Geral e sua conexão com a Cosmologia Moderna. Com esse sistema de hipermídia é oferecido aos professores e alunos um espaço em que o ensino e aprendizagem de conceitos físicos são facilitados por ser o aluno uma peça ativa na construção do conhecimento e o professor o mediador desse processo. Dessa forma espera-se que o produto contribua para uma aprendizagem significativa através da contextualização, ilustração, experimentação e enriquecimento dos conteúdos.

Os resultados da aplicação do produto, obtidos através dos dados levantados nos Questionários 2 (Apêndice B) e 3 (Apêndice C) serão descritos a seguir. É importante frisar que, durante o processo de ensino-aprendizagem auxiliado com a hipermídia,

houve um bom comprometimento e envolvimento dos alunos nas atividades propostas. Foram pontuais, assíduos e se interessaram bastante pelos temas apresentados.

De acordo com os resultados observados nas questões concomitantes no pré-teste e no pós-teste e descritos na subseção 5.3.2, pode-se verificar um crescimento significativo no conhecimento dos alunos acerca do tema “gravidade”. Os alunos responderam com mais segurança e propriedade às questões no pós-teste, com exceção da questão 10 em que houve um decréscimo no índice de acertos e que, portanto, deve ser retomado em tempo oportuno para que se construa a aprendizagem do conceito científico que descreve a geometria do universo. Será preciso, em outra oportunidade, verificar o que levou a esse resultado negativo, se seria possível que a ideia de aplicar conceitos geométricos em escalas muito maiores que aquelas usadas em nosso cotidiano uma das responsáveis pelas respostas inadequadas.

Nas questões 13 e 14, presentes apenas no pós-teste, percebe-se que a maioria dos alunos apresentou resultado satisfatório, sugerindo que após o auxílio dos alunos com a hipermídia, estes conseguiram assimilar a diferença entre as visões newtoniana e einsteiniana da gravitação - o objetivo principal deste trabalho. Acredita-se que o objeto pedagógico apresentado e as discussões realizadas durante sua aplicação contribuíram significativamente para a aprendizagem das teorias propostas na Mecânica Clássica e na Relatividade Geral acerca da gravidade.

Na avaliação da hipermídia pelos alunos, um ponto relevante foi que a totalidade dos participantes afirmou que a hipermídia favoreceu a aprendizagem e que se interessariam em fazer outros cursos utilizando esse recurso, bem como recomendariam seu uso a outros professores. Porém, não podemos deixar de sinalizar que seria mais proveitoso o trabalho de forma lenta com as atividades propostas de modo que os alunos tivessem mais tempo para explorar todas as atividades, textos e vídeos sugeridos na hipermídia, potencializando ainda mais a aprendizagem.

No processo ensino-aprendizagem devemos repensar a relevância do papel do professor como o único detentor do conhecimento, pois esse paradigma já não cabe nos dias de hoje em que a informação pode ser adquirida pelos diversos meios de mídia quase simultaneamente à sua divulgação. A disposição do educando em aprender torna-se maior quando ele participa ativamente desse processo, sendo assim, sugere-se, para trabalhos subsequentes, que os professores explorem as hipermídias com outros temas da Física a serem trabalhados no Ensino Médio não como único recurso pedagógico, mas que sejam trabalhadas complementarmente a outros meios, tornando o conteúdo

mais atrativo para o aluno. Dessa forma teremos uma aprendizagem mais efetiva e significativa que, segundo Ausubel et al (1980), ficará retida no cognitivo do aluno por um tempo maior se comparado com aqueles tratados de forma convencional em sala de aula.

## Apêndices

### Apêndice A

Plano de aula

Aula 1 – 29/09

*Objetivo Geral – Compreender a Lei da Gravitação Universal, o que é campo gravitacional e imponderabilidade dos corpos.*

CONTEÚDOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROCEDIMENTOS	ESTRATÉGIAS E RECURSOS	AVALIAÇÃO
1- Apresentação da hipermídia	Apresentar o produto e conhecer seu funcionamento.	Exposição oral sobre a hipermídia e demonstração de alguns objetos que eles encontrarão ao navegar por ela, como redirecionamento de páginas, vídeos, simuladores, etc.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Computador.</li><li>• Tv.</li><li>• Internet/hipermídia.</li></ul>	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos
2- As ideias de um grande homem	Identificar quais foram as primeiras ideias de Newton sobre a força gravitacional a partir de um experimento mental.	Utilização do simulador “Canhões de Newton” e realização da atividade proposta para o mesmo. Discussão oral sobre os fenômenos observados com o simulador.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Computador.</li><li>• Tv.</li><li>• Internet/hipermídia.</li></ul>	Preenchimento da ficha de acompanhamento da atividade.
3- Lei da gravitação Universal	Perceber as relações de massa e distância na interação gravitacional.	Leitura do texto referente ao tema encontrado na hipermídia. Realização das atividades	<ul style="list-style-type: none"><li>• Computador.</li><li>• Tv.</li><li>• Internet/hipermídia.</li></ul>	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos

	Compreender a Lei da Gravitação Universal.	propostas para o simulador “Phet Colorado” inserido na atividade 2.		alunos. Preenchimento da ficha de acompanhamento da atividade.
4-Campo gravitacional	Tomar conhecimento do que é gravidade e da atuação de forças de campo.	Leitura do texto referente ao tema encontrado na hipermídia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador.</li> <li>• Tv.</li> <li>• Internet/hipermídia.</li> </ul>	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos
5-Gravidade zero	Perceber que não existe gravidade zero e que esta é um fenômeno chamado imponderabilidade dos corpos.	Leitura do texto referente ao tema encontrado na hipermídia. Vídeo “Zero G”.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador.</li> <li>• Tv.</li> <li>• Internet/hipermídia.</li> </ul>	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos e discussão do vídeo.

Aula 2 - 11/10

*Objetivo Geral – Introdução da Teoria da Relatividade Geral.*

CONTEÚDOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROCEDIMENTOS	ESTRATÉGIAS E RECURSOS	AValiação
1-Teoria da Relatividade Geral	Conhecer a evolução dos conceitos propostos por Einstein em confronto com as ideias de Newton para a gravidade.	Leitura do texto referente ao tema encontrado na hipermídia e do texto “A força criadora do universo” . Elaboração do quadro comparativo acerca das ideias de Newton e Einstein apresentadas no texto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador.</li> <li>• Tv.</li> <li>• Internet/hipermídia.</li> </ul>	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos. Discussão do quadro comparativo.
2- O Foguete de Einstein, Princípio da Equivalência, deflexão da luz e o Eclipse de sobral.	Conhecer o exercício de pensamento utilizado por Einstein para explicar suas ideias. Compreender o Princípio da Equivalência. Apresentar as investigação realizada pela equipe de Einstein para provar, através da observação de um eclipse, que a luz poderia ser atraída pela gravidade devido a curvatura do espaço-tempo.	Utilização da animação “O foguete de Einstein”. Leitura do texto referente ao tema encontrado na hipermídia. Vídeo “Do eclipse ao mito”. Atividade experimental: A curvatura do espaço-tempo e a gravidade. Vídeo: Teoria da Relatividade – o espaço-tempo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador.</li> <li>• Tv.</li> <li>• Internet/hipermídia.</li> <li>• Bolas de gude.</li> <li>• Bastidor de madeira para bordado.</li> <li>• Malha elástica.</li> </ul>	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos e discussão sobre os vídeos. Relatório da atividade experimental.



Aula 3- 08/11

*Objetivo Geral – Conhecer os testes que comprovaram a Teoria da Relatividade e o fenômeno das lentes gravitacionais.*

CONTEÚDOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROCEDIMENTOS	ESTRATÉGIAS E RECURSOS	AVALIAÇÃO
1- Precessão de Mercúrio	Perceber que a curvatura do espaço-tempo provoca um leve desvio da órbita, chamado de precessão, que torna-se mais intenso quanto mais próximos estivermos do centro gravitacional.	Leitura do texto da hipermídia. Animação simuladora da órbita de Mercúrio na concepção da mecânica de Newton e Einstein.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador.</li> <li>• Tv.</li> <li>• Internet/hipermídia.</li> </ul>	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos
2- O desvio da luz para o vermelho	Compreender que a luz pode mudar sua frequência ao se aproximar ou se afastar de um centro gravitacional.	Leitura do texto da hipermídia. Vídeo: Does gravity change colors?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador.</li> <li>• Tv.</li> <li>• Internet/hipermídia.</li> </ul>	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos e discussão do vídeo.
3- Lentes gravitacionais	Compreender o fenômeno que permite observar astros fora do campo de observação direta através do desvio da luz pela gravidade.	Leitura do texto da hipermídia. Simulação do fenômeno de lentes gravitacionais. Atividade experimental “Simulando lentes gravitacionais com taças de vidro”.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador.</li> <li>• Tv.</li> <li>• Internet/hipermídia.</li> <li>• Folha quadriculada.</li> <li>• Taça de vidro para vinho.</li> <li>• Água.</li> <li>• Vinagre.</li> </ul>	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos. Preenchimento da ficha de acompanhamento da atividade.

Aula 4 – 20/11

*Objetivo Geral – Apresentar tópicos da Cosmologia Moderna.*

CONTEÚDOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROCEDIMENTOS	ESTRATÉGIAS E RECURSOS	AVALIAÇÃO
1- Modelo Cosmológico Padrão	Compreender o modelo cosmológico mais aceito pela comunidade científica.	Leitura do texto da hipermídia. Leitura do artigo “Vestígios do Big-Bang”. Vídeo: ABC da Astronomia III: Big-Bang.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador.</li> <li>• Tv.</li> <li>• Internet/hipermídia.</li> </ul>	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos Resenha do texto.
2- A escuridão do universo	Conhecer o Paradoxo de Olbers.	Leitura do texto da hipermídia. Vídeo: O Paradoxo de Olbers.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador.</li> <li>• Tv.</li> <li>• Internet/hipermídia.</li> </ul>	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos e discussão do vídeo.
3- A Geometria do Universo	Descrever a geometria do universo em grandes escalas	Leitura do texto da hipermídia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador.</li> <li>• Tv.</li> <li>• Internet/hipermídia.</li> </ul>	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos.
4- Radiação Cósmica de Fundo	Entender o que é a radiação cósmica de fundo e compreender sua importância para os estudos da evolução cósmica.	Leitura do texto da hipermídia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador.</li> <li>• Tv.</li> <li>• Internet/hipermídia.</li> </ul>	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos.

5- Matéria escura	Compreender o problema da massa faltante.	Leitura do texto da hipermídia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador.</li> <li>• Tv.</li> <li>• Internet/hipermídia.</li> </ul>	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos.
6- Energia escura	Compreender a composição do universo e a expansão acelerada do cosmos.	Leitura do texto da hipermídia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador.</li> <li>• Tv.</li> <li>• Internet/hipermídia.</li> </ul>	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos.

## Apêndice B

Questionário1 – Levantamento do perfil do aluno

**Questionário 1 - Visa análise do perfil do aluno(a) que se dispôs a participar da aplicação do produto. Será analisado:**

- a relação do aluno com a física;
- a relação dele com o uso da Internet.

Nome: \_\_\_\_\_

Data de nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

1- Local em que cursou o Ensino Fundamental:

- todo em escola pública estadual.
- parte em escola pública estadual e parte em escola pública municipal.
- todo em escola pública municipal.
- parte em escola pública( estadual ou municipal) e parte em escola particular.
- todo e escola particular.

2- Dentre as disciplinas abaixo que você estuda esse ano, numere-as de 1 a 10, entendendo ser a número 1 a que você menos gosta e 10 a que você mais gosta:

- Português       Inglês       História       Geografia
- Matemática       Física       Química       Biologia
- Sociologia       Filosofia

3- Em uma escala de 0 a 10, qual a sua nota para o seu gosto em estudar Física?

Considere zero = odeio e dez = gosto muito de Física. Circule a nota escolhida:

0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

4- Assinale as formas que você utiliza com frequência para estudar para as provas de física. Marque 1 para a mais frequente, 2 para a segunda menos frequente e assim sucessivamente. Não é necessário assinalar todas as opções:

- uso meus exercícios e anotações no caderno.
- uso meu livro didático.
- uso livros da biblioteca (da escola ou de outras bibliotecas).
- uso livros didáticos diferentes do adotado que possuo.

- tenho aulas de reforço e estudo com o meu professor particular.
- estudo com colegas.
- acesso vídeo-aulas.
- busco exercícios e tutoriais na internet.
- outros. \_\_\_\_\_

5.a- Você tem acesso a computador?

- sim     não

5.b- Onde?

- casa                                     lan house     escola
- casa de colegas                     cursos

5.c- Com que frequência?

- Diariamente.
- 1 vez por semana.
- 2 a 3 vezes por semana.
- 4 a 6 vezes por semana.

6- O que você sabe fazer ao utilizar o computador?

- Navegar na internet.
- Enviar e receber e-mails.
- Fazer uma pesquisa na internet utilizando sites de busca como Google e Yahoo.
- Utilizar um editor de texto como o Word.
- Utilizar planilhas eletrônicas como o Excel.
- Jogar virtualmente.
- Utilizar redes sociais.
- Outro.

---

7- Algum professor já solicitou que você utilizasse programas de computador ou Internet em alguma aula na sua escola?

- Os dois.                                     Internet.
- Programas de computador.             Nenhum dos dois.

8- Você tem acesso à Internet:

- Não.  Raramente.  
 Em alguns momentos da semana.  Diariamente.

9- Quando você tem acesso à Internet é mais comum ser:

- Wifi  3G  4G

10- Ao acessar a Internet, quais as suas principais atividades?

- Visitar portais ou páginas de entretenimento.  
 Fazer *download* de jogos ou jogar *online*.  
 Acessar as redes sociais como *Facebook*, *Twitter*, *snapchat*, *Messenger*, *Whatsapp*, *Skype* ou outro semelhante.  
 Fazer pesquisas escolares.  
 Pesquisar assuntos de interesse escolar.  
 Construir ou atualizar *blogs*, *sites*, *vlogs* etc.  
 Baixar filmes, séries, músicas etc.  
 Enviar ou receber *e-mails*.  
 Compras ou vendas *online*.  
 Outras. \_\_\_\_\_

11- Ao fazer uma busca na Internet, como ao realizar uma pesquisa escolar ou uma página de um amigo em uma rede social, em uma escala de 0 a 5, que nota você daria para seus resultados? Considere zero = nunca consigo encontrar o que busco e cinco = sempre obtenho sucesso nas buscas.

0 1 2 3 4 5

## Apêndice C

### Questionário 2- Pré-teste

Tem por objetivo analisar os conhecimentos prévios dos alunos participantes acerca dos temas força, gravidade, relatividade, universo que serão subsunçores para a construção do conhecimento proposto na hipermídia.

- 1- Imagine que uma maçã tenha se soltado do galho da macieira e está caindo em direção ao solo. Por que todos os corpos caem em direção ao solo como a maçã quando estão na Terra?



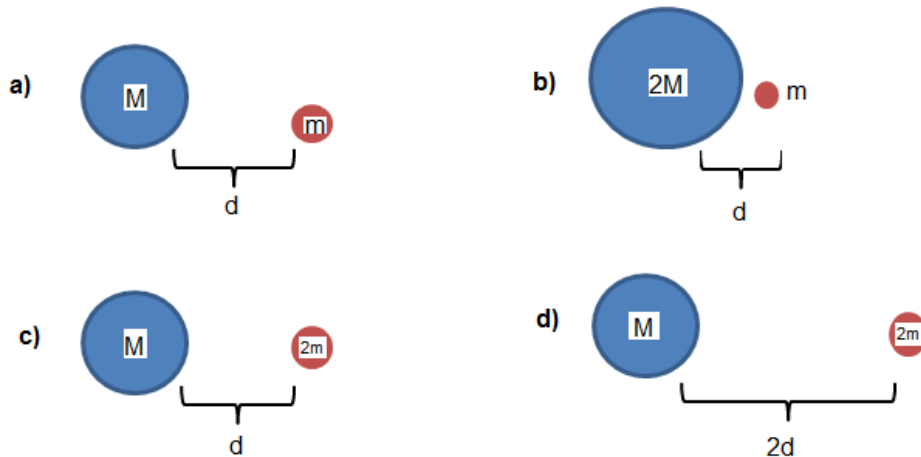
- 2- Observe a imagem abaixo:



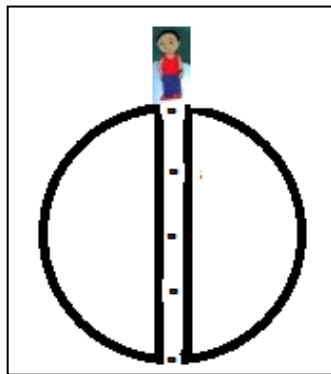
Por que o astronauta “flutua” no espaço?

- 3- Para você o que é a gravidade?
- 4- Você já deve ter ouvido falar que na Lua a gravidade é bem menor do que na Terra. Proponha uma explicação para esse fato:

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



- 6- Imagine que você caia em um túnel perfurado através da Terra, ligando um lado ao outro da Terra. Desprezando todas as impossibilidades de tal ato, supondo ser a Terra um bloco de rocha homogêneo e frio, você diria que:



- (a) você cairia com velocidade constante até o outro lado e pararia na borda oposta.
- (b) Você cairia aceleradamente e sua velocidade aumentaria até chegar a borda oposta e então escaparia para o espaço.
- (c) Você cairia desacelerando até chegar ao centro, onde pararia.
- (d) Você cairia e a gravidade iria te acelerar até o centro e desacelerar a partir daí até a borda oposta, quando então ela te “puxaria” novamente e o processo reiniciaria, ficando você em um movimento de vai e vem constante entre uma borda e outra.



7- Imagine um raio laser superpotente, capaz de viajar pelo espaço. Para esse raio de luz, necessariamente:

- (a) ele só poderia viajar em linha reta, logo seria impedido de continuar viajando ao encontrar um astro qualquer que servisse de obstáculo.
- (b) ele poderia viajar em linha reta, atravessando os obstáculos como planetas, asteroides, estrelas, etc.
- (c) ele seria capaz de curvar em determinadas situações e contornar astros como planetas e estrelas.
- (d) impossível saber o que aconteceria com esse raio de luz.

8- O Universo surgiu há milhões de anos atrás. Somos um pontinho insignificante nessa imensidão cósmica. Porém, se fosse possível observarmos o universo de fora, ele provavelmente seria:

- (a) esférico.            (b) cilíndrico.            (c) plano.            (d) hiperbólico.

9- O universo é um aglomerado de astros, poeira cósmica, energia e outros elementos mais. Podemos dizer que as estrelas e as galáxias entre si que formam o universo estão:

- (a) mantendo a mesma distância entre si desde que se formaram.
- (b) estão afastando-se umas das outras, pois o universo está se expandindo.
- (c) estão aproximando-se umas das outras pois o universo está voltando à situação inicial, antes de sua formação.
- (d) nada sei a esse respeito.

10- Dentre as situações abaixo, assinale aquelas que podem ser associadas ao conceito de gravitação.

- ( ) O peso de um automóvel.            ( ) O aquecimento global.
- ( ) O lançamento de mísseis.            ( ) O surgimento de estrelas.
- ( ) As marés.            ( ) A erupção vulcânica.
- ( ) O movimento de translação dos planetas em torno do Sol.
- ( ) As constelações.            ( ) Os buracos negros

## Apêndice D

### Questionário 3 – Pós-teste

Nome: \_\_\_\_\_

- 1- Imagine que uma maçã tenha se soltado do galho da macieira e está caindo em direção ao solo. Por que todos os corpos caem em direção ao solo como a maçã quando estão na Terra?



- 2- Observe a imagem abaixo:



Por que o astronauta “flutua” no espaço?

- ( ) Porque não há ar.  
( ) Porque a gravidade é menor no espaço.  
( ) Porque tanto o astronauta quanto a espaçonave estão em queda livre em relação ao espaço.  
( ) Porque não há gravidade.

- 3- Para você o que é campo gravitacional?

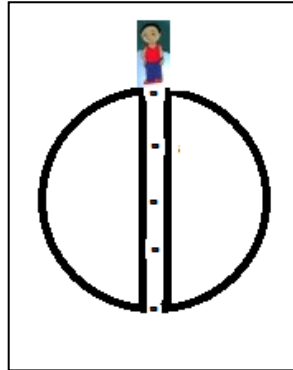
- 4- Você já deve ter ouvido falar que na Lua a gravidade é bem menor do que na Terra. Proponha uma explicação para esse fato:

- 5- Três satélites – I, II e III – movem-se em órbitas circulares ao redor da Terra.
- O satélite I tem massa  $m$  e os satélites II e III têm, cada um, massa  $2m$ .
- Os satélites I e II estão em uma mesma órbita de raio  $r$  e o raio da órbita do satélite III é  $r/2$ .
- Sejam  $F_I$ ,  $F_{II}$  e  $F_{III}$  módulos das forças gravitacionais da Terra sobre, respectivamente, os satélites I, II e III.
- Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que:



- (a)  $F_I = F_{II} < F_{III}$ .
- (b)  $F_I = F_{II} > F_{III}$ .
- (c)  $F_I < F_{II} < F_{III}$ .
- (d)  $F_I < F_{II} = F_{III}$ .
- (e)  $F_I = F_{II} = F_{III}$ .
- 6- Qual a relação entre as massas dos corpos e a força gravitacional segundo a LGU?
- 7- Qual a relação entre a distância entre os corpos e a força gravitacional segundo a LGU?

- 8- Imagine que você caia em um túnel perfurado através da Terra, ligando um lado ao outro da Terra. Desprezando todas as impossibilidades de tal ato, supondo ser a Terra um bloco de rocha homogêneo e frio, você diria que:



- (a) você cairia com velocidade constante até o outro lado e pararia na borda oposta.
- (b) você cairia aceleradamente e sua velocidade aumentaria até chegar a borda oposta e então escaparia para o espaço.
- (c) você cairia desacelerando até chegar ao centro, onde pararia.
- (d) você cairia e a gravidade iria te acelerar até o centro e desacelerar a partir daí até a borda oposta, quando então ela te “puxaria” novamente e o processo reiniciaria, ficando você em um movimento de vai e vem constante entre uma borda e outra.
- 9- Imagine um raio laser superpotente, capaz de viajar pelo espaço. Para esse raio de luz, necessariamente:
- (a) ele só poderia viajar em linha reta, logo seria impedido de continuar viajando ao encontrar um astro qualquer que servisse de obstáculo.
- (b) ele poderia viajar em linha reta, atravessando os obstáculos como planetas, asteroides, estrelas, etc.
- (c) ele seria capaz de curvar em determinadas situações e contornar astros como planetas e estrelas.
- (d) impossível saber o que aconteceria com esse raio de luz.

10- O Universo surgiu há bilhões de anos atrás. Somos um pontinho insignificante nessa imensidão cósmica. Porém, se fosse possível observarmos o universo de fora, ele provavelmente seria:

- (a) esférico.                      (b) cilíndrico.                      (c) plano.                      (d) hiperbólico.

11- O universo é um aglomerado de astros, poeira cósmica, energia e outros elementos mais. Podemos dizer que as estrelas e as galáxias entre si que formam o universo estão:

- (a) mantendo a mesma distância entre si desde que se formaram.  
(b) estão afastando-se umas das outras, pois o universo está se expandindo.  
(c) estão aproximando-se umas das outras pois o universo está voltando à situação inicial, antes de sua formação.  
(d) nada sei a esse respeito.

12- Dentre as situações abaixo, assinale aquelas que podem ser associadas ao conceito de gravitação.

- ( ) O peso de um automóvel.                      ( ) O aquecimento global.  
( ) O lançamento de mísseis.                      ( ) O surgimento de estrelas.  
( ) As marés.                      ( ) A erupção vulcânica  
( ) O movimento de translação dos planetas em torno do Sol.                      .  
( ) As constelações.                      ( ) Os buracos negro

13- A Teoria da Relatividade Geral descreve as interações gravitacionais a partir de uma nova perspectiva se comparada à Lei da Gravitação Universal (LGU). Assinale o que for de pertencimento à Teoria da Relatividade Geral:

- ( ) Espaço e tempo absolutos.  
( ) Força gravitacional descrita como interação das massas dos corpos.  
( ) O valor da massa não muda com o estado dinâmico.  
( ) Força gravitacional descrita como uma modificação da geometria do espaço-tempo provocada pela massa que ela contém e a deforma.  
( ) O valor da massa inercial aumenta com a velocidade e tende ao infinito na velocidade da luz.

14- (ENADE – 2005 LIC) Vários resultados recentes da cosmologia observacional indicam a existência de buracos negros no núcleo ativo de galáxias. A densidade de um buraco negro pode ser estimada, de acordo com a lei da Gravitação Universal de Newton, calculando-se a velocidade de escape de uma "partícula" deslocando-se com a velocidade da luz, no campo gravitacional do buraco negro. Pode-se afirmar que a existência de buracos negros:

- (a) é inteiramente previsível a partir da Teoria da Gravitação de Newton
- (b) poderia ter sido inferida a partir das leis de Kepler para o movimento de corpos celestes.
- (c) somente se tornou previsível a partir da formulação da Teoria da Relatividade Restrita, com a imposição da constância da velocidade da luz.
- (d) somente se tornou previsível a partir da formulação da Teoria da Relatividade Restrita, acrescentada da Teoria Quântica para emissão de corpos negros.
- (e) somente se tornou previsível a partir da formulação da Teoria da Relatividade Geral.

## Apêndice E

### Questionário 4 – Avaliação da hiperídia

Nome: \_\_\_\_\_

1- Para você a utilização do computador em sala de aula foi:

( ) estimulante                      ( ) indiferente                      ( ) prejudicial

2- Sobre o material utilizado classifique os conteúdos abordados durante o curso, com a proposta do mesmo:

( ) Ótimo.    ( ) Bom.    ( ) Regular.    ( ) Ruim.    ( ) Péssimo.

3- A abordagem dos conteúdos facilitaram a construção do conhecimento sobre gravitação?

( ) Sim.    ( ) Não.    ( ) Parcialmente.

4- Os materiais didáticos disponibilizados tinham clareza e eram abrangentes?

( ) Ótimo.    ( ) Bom.    ( ) Regular.    ( ) Ruim.    ( ) Péssimo

5- A quantidade de atividades ao longo do produto foi:

( ) Ótimo.    ( ) Bom.    ( ) Regular.    ( ) Ruim.    ( ) Péssimo.

6- A qualidade das atividades ao longo do produto foi:

( ) Ótimo.    ( ) Bom.    ( ) Regular.    ( ) Ruim.    ( ) Péssimo.

7- Você faria outro curso utilizando esses recursos?

( ) Sim.                      ( ) Não.

Justifique.

---

8- Como você classificaria sua atenção durante a aula com o uso da internet comparada com suas aulas normais?

( ) Ótimo.    ( ) Bom.    ( ) Regular.    ( ) Ruim.    ( ) Péssimo.

9- Você se distraía muito utilizando o computador em sala de aula?

( ) Sempre.                      ( ) Às vezes.                      ( ) Não.





## Referências Bibliográficas

- Almeida, M.E.D. (2000). *O computador na escola: contextualizando a formação de professores* (Tese de Doutorado). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo. Recuperado de <http://www.proinfo.gov.br/upload/biblioteca.cgd/239.pdf>
- Alonso, M. & Finn, E (1972). *Física: Um curso universitário, Volume I - Mecânica*. Editora: Edar Blucher Ltda.
- Araújo, I.S. (2002). *Um estudo sobre o desempenho de alunos de Física usuários da ferramenta computacional Modellus na interpretação de gráficos da cinemática*. (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10183/2251>
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational Psychology: a cognitive view*. (1 st ed) New York: Holt, Rinehart and Winston, p.78, 1968. In MOREIRA, M. A. (1981) *Ensino e Aprendizagem: Enfoques Teóricos*. Editora Moraes: São Paulo, p.71.
- Ausubel,D.P., Novak, J.D. & Hanesian, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro, RJ: Interamericana.
- Artuso, A.R. (2006). *O uso da hipermídia no ensino de Física: possibilidades de uma aprendizagem significativa* (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná). Recuperado de [http://www.ppge.ufpr.br/teses/M06\\_artuso.pdf](http://www.ppge.ufpr.br/teses/M06_artuso.pdf)
- Babbitt, B. & Usnick, V.(1993). *Hipermídia: um veículo para conexão*. Professor Aritmética, 40 (8), 430-432.
- Brandão, E.J.R.(1995). *Informática e educação: uma difícil aliança [versão digital Share]*. Recuperado de <https://issuu.com/edemilsonbrandao/docs/livro>
- BRASIL, Secretaria de Educação Básica (2000). *Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio*. MEC.
- BRASIL, Secretaria de Educação Básica (2002). *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio*. MEC.

- Caraveo, P.& Roncadelli, M., (n.d.). *O enigma da matéria escura*. Scientific American Brasil. Recuperado de [http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/o\\_enigma\\_da\\_materia\\_escura](http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/o_enigma_da_materia_escura)
- Carvalho, M. A. P. & Struchiner, M. (2005) *Um Ambiente Construtivista de Aprendizagem a Distância: Estudo da Interatividade, da Cooperação e da Autonomia em um Curso de Gestão Descentralizada de Recursos Humanos em Saúde*. Recuperado de [http://www.abed.net.br/site/pt/midiateca/textos\\_ead/701/2005/11/um\\_ambiente\\_construtivista\\_de\\_aprendizagem\\_a\\_distancia\\_estudo\\_da\\_interatividade\\_da\\_cooperacao\\_e\\_da\\_autonomia\\_em\\_um\\_curso\\_de\\_gestao\\_descentralizada\\_de\\_recursos\\_humanos\\_em\\_saude](http://www.abed.net.br/site/pt/midiateca/textos_ead/701/2005/11/um_ambiente_construtivista_de_aprendizagem_a_distancia_estudo_da_interatividade_da_cooperacao_e_da_autonomia_em_um_curso_de_gestao_descentralizada_de_recursos_humanos_em_saude)
- Castellani, O. C. (2001). *Discussão dos conceitos de massa gravitacional e de massa inercial*. Revista Brasileira de Ensino de Física 23 (3), 356.
- Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (2014). *Divulgado novo mapa da matéria escura no Universo*. Recuperado de <http://portal.cbpf.br/noticia/divulgado-novo-mapa-da-materia-escura-no-universo-/692>
- Chinaglia, M. (2015). *Relatividade geral: uma senhora centenária*. Recuperado de <http://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2015/11/relatividade-geral-uma-senhora-centenaria.html>
- Chinagli, M., (2015). 5 conceitos que foram revolucionados pela Teoria da Relatividade Geral. Recuperado de <http://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2015/11/5-conceitos-que-foram-revolucionados-pela-teoria-geral-da-relatividade.html>
- Cordeiro, L.F. (2003). *É significativa a aprendizagem escolar do conceito físico de aceleração no primeiro ano do ensino médio? (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná)*. Retirado de <http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/27688/D%20-%20CORDEIRO,%20LUIS%20FERNANDO.pdf?sequence=1>
- Danhoni, M.C., Neves, F. R., Pedrochi, F., Oliveira, J.H.L., Zolin, M., Sanches, M.B ... & S.O., Bianchi, V.(2005). *Uma Discussão sobre o Mapeamento Conceitual da Relatividade e da Cosmologia para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea*. In

- 5º Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Bauru, SP: ABRAPEC.  
Retirado de <http://www.nutes.ufjf.br/abrapec/venpec/conteudo/artigos/1/pdf/p338.pdf>
- Einstein, A., (1936) *Lens-Like Action of a Star by the Deviation of Light in the Gravitational Field*, Science, 8, 506
- Ellis, G. F. R., Maartens, R., MacCallum, M. A. H. (2012). *Relativistic Cosmology*, Editora Cambridge.
- Esteves, B. (2015). *O futuro da matéria escura*. Recuperado de [http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/854/n/o\\_futuro\\_da\\_materia\\_escura](http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/854/n/o_futuro_da_materia_escura)
- Falciano, F.T. (2009). *Geometria, espaço-tempo e gravitação: conexão entre conceitos da relatividade geral*. Revista Brasileira de Ensino de Física, 31(4), 4308-4317.
- Ferruzzi, E.C. (2001). Considerações sobre a Linguagem de Programação Logo. In *Grupo de Estudos de Inteligência Artificial Aplicada à Matemática da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP*. Recuperado de <http://mtm.ufsc.br/geiaam/consiLogo2.PDF>
- Filho, K. S.O.(2016) O Universo como um Todo. Retirado de <http://astro.if.ufrgs.br/univ/>
- Filho, K. S. O. & Saraiva, M.F.O. (2004). *Astronomia e Astrofísica*. São Paulo, SP: Editora Livraria da Física.
- Fiolhais, C. & Trindade, J. (2003). *Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas*. Revista Brasileira de Ensino de Física, 25(3), 259-272.
- Fróes, A.L.D. (2014). *Astronomia, Astrofísica e Cosmologia para o Ensino Médio*. Revista Brasileira de Ensino de Física, 36 (3), 3504. 2014.
- Gaspar, A. (2000). *Física* (vol.3). São Paulo, SP: Editora Ática.
- Gaspar, A. (2013). *Compreendendo a Física*. São Paulo, SP: Editora Ática.
- Gonçalves, L.J. (2005). *Uso de animações visando a aprendizagem significativa de Física Térmica no ensino médio* (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do

- Rio Grande do Sul). Retirado de <http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=000472616&loc=2005&l=013ba00bcea7db4f>
- Gouveia, M.S.F.(1992). *Cursos de ciência para professores de 1º grau: elementos para uma política de formação continuada* (Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas.). Retirado de <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000062741>
- Guerra, A., Braga, M. & Reis, J.C.(2007). *Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem*. Revista Brasileira de Ensino de Física, 29(4), 575-583.
- Helou, R., Biscuola, G.J. & Bôas, N.V.(2001). *Tópicos de Física – Manual do Professor*. São Paulo, SP: Editora Saraiva.
- Hewitt, P. G.(2008). *Fundamentos De Física Conceitual*. Porto Alegre,RS: Editora Bookman.
- Horvath, J., Lugones,G., Allen, M.P., Júnior, S.S. & Teixeira, R. (2007). *Cosmologia Física do Micro ao Macro Cosmos e vice-versa*. São Paulo, SP: Ed. Livraria da Física.
- Jardim, W. T. & Guerra, A.(2011). Ensinando Física Moderna e Contemporânea: Cosmologia em Vídeos e Imagens. In: *Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Manaus, AM. Retirado de: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0291-2.pdf>
- Joaquim, W.M. (2013). *Ensinando a Teoria da relatividade por meio de um Sistema Hipermídia* (Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais). Retirado de [http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/EnCiMat\\_JoaquimWM\\_1.pdf](http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/EnCiMat_JoaquimWM_1.pdf)
- Kantor, C. A., Júnior, L.A.P., Menezes, L.C., Bonetti, M.C., Júnior, O.C. & Alves, V.M., (2013). *Quanta Física*. São Paulo, SP: Editora Pearson.

- Lefrancois, D., Cousino, F.; Lemos, F. & Fernandes, V. (2011). *Uso da Hipermidia no Processo de Aprendizagem* (Trabalho de Conclusão de Curso, UNIFACS – Universidade Salvador). Retirado de <http://tksoftware.com/victory/wp-content/uploads/2011/01/TCC-vFinal-01082011.pdf>
- Lemos, J. C. G. (2009). *Do encanto ao desencanto, da permanência ao abandono: o trabalho docente e a construção da identidade profissional*. (Tese de Doutorado, Pontifícia Escola Católica de São Paulo). Retirado de [http://acervo.novaescola.org.br/gestao-escolar/tese\\_jose\\_lemos.pdf](http://acervo.novaescola.org.br/gestao-escolar/tese_jose_lemos.pdf)
- Lentes gravitacionais mostram que a cosmologia está na rota correta* (2010). Space Today. Retirado de <http://spacetoday.com.br/lentes-gravitacionais-mostram-que-a-cosmologia-esta-na-rota-correta/>
- Lèvy, P., (1993). *As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática*. Rio de Janeiro, RJ: Editora 34.
- Luiz, A. M. (2007). *Física 2 – Gravitação, Ondas e Termologia*. São Paulo, SP: Editora Livraria da Física.
- Machado, D.I. & Santos, P. L. V.C. (2004). *Avaliação da Hipermidia no Processo de Ensino e Aprendizagem da Física: o Caso da Gravitação*. *Ciência & Educação*, 10 (1), 82..
- Magalhães, M. G. M., Schiel, D., Guerrini, I.M. & Junior, E.M. (2002). *Utilizando Tecnologia Computacional na Análise Quantitativa de Movimentos: Uma Atividade para Alunos do Ensino Médio*. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24 (2), 97-102.
- Makler, M.(2009). *O universo visto pelas lentes gravitacionais*. *Ciência Hoje*, 44(264), 28-33.
- Makler, M., *Cosmologia I: Fenomenologia*. In: Novello, M., Neto N.P; Bergliaffa, S. E. P. et al (2010). *Programa Mínimo de Cosmologia*. Rio de Janeiro, RJ: Editora Jauá.
- Marchionini, G. (1988). *Hypermedia and learning: freedom and chaos*. *Educational Technology* 28(8), 8-12.

- Marques, T. (2012). *Radiação Cósmica de Fundo: Características e Atualidades*. Caderno de Física da UEFS, 10(01 e 02). Retirado de <http://dfis.uefs.br/caderno/vol10n12/a5TamilaRadiacao.pdf>
- Martini, G., Spinelli, W., Reis, H.C. & Sant'Anna, B. (2013). *Conexões com a Física*. Rio de Janeiro, RJ: Editora Moderna.
- Martins, M.R. & Neves, M.C.D. (2016). Cosmologia Contemporânea num Discurso Fragmentado dos Intérpretes: Os Professores. In: 5º Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. Ponta Grossa, PR.. Retirado de <http://www.sinect.com.br/2016/selecionados.php>
- Máximo, A. & Alvarenga, B. (2013). *Física Contexto e Aplicações*. São Paulo, SP: Editora Scipione.
- Medina, M. (2007). *Hipermídia: o que é isso?* Retirado de <https://hipermidias.wordpress.com/2007/10/05/hipermidia-o-que-e-isso/>
- Moreira, M.A. (1979). *A Teoria de Aprendizagem de David Ausubel como Sistema de Referência para a Organização de Conteúdo de Física*. Revista Brasileira de Física, 9(1), 275-292.
- Moreira, M. A. (1981). *Ensino e Aprendizagem: Enfoques Teóricos*. São Paulo, SP: Editora Moraes.
- Moreira, M. (2014). *Grandes desafios para o ensino da Física na Educação Contemporânea*. Retirado de [http://www.if.ufrj.br/~pef/aulas\\_seminarios/seminarios/2014\\_Moreira\\_DesafiosEnsi noFisica.pdf](http://www.if.ufrj.br/~pef/aulas_seminarios/seminarios/2014_Moreira_DesafiosEnsi noFisica.pdf)
- Neto, L.C.B.T. (2008). Os interesses e posturas de jovens frente às ciências: resultados do Projeto ROSE aplicado no Brasil (Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo). Retirado de <http://roseproject.no/network/countries/brazil/bra-caldeira-tolentino-neto.pdf>
- Novello, M., Neto N.P; Bergliaffa, S. E. P. et al (2010). *Programa Mínimo de Cosmologia*. Rio de Janeiro, RJ: Editora Jauá.

- Oliveira, A.(2007). *Sonhos de um jovem visionário*. Ciência Hoje Retirado de [http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2825/n/sonhos\\_de\\_um\\_jovem\\_visionario](http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2825/n/sonhos_de_um_jovem_visionario)
- Oliveira, A. (2010). *A força criadora do universo*. Ciência Hoje. Retirado de [http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2789/n/a\\_forca\\_criadora\\_do\\_universo](http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2789/n/a_forca_criadora_do_universo)
- Oliveira, A. (2011). *Uma questão de ponto de vista*. Ciência Hoje. Retirado de [http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2772/n/uma\\_questao\\_de\\_ponto\\_de\\_vista](http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2772/n/uma_questao_de_ponto_de_vista)
- Oliveira, F.F., Vianna, D.M. & Gerbassi, R.S. *Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores*. Revista Brasileira de Ensino de Física, 29(3), 447-454.
- Ostermann F. & Moreira, M.A. (2000). *Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "física moderna e contemporânea no ensino médio"*. Retirado de [http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n1/v5\\_n1\\_a2.htm](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n1/v5_n1_a2.htm)
- Peter, P. & Uzan, J.-P., (2009). *Primordial Cosmology*, Editora Oxford University Press.
- Pietrocola, M., Pogibin A., Andrade, R. & Romero, T.R. (2013). *Física em Contextos: pessoal, social e histórico*. Rio de Janeiro, RJ: Editora FTD.
- Pires, M.A. (2005). *Tecnologias da Informação e Comunicação como meio de ampliar e estimular o aprendizado de Física* (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Retirado de <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/5119>
- Porcino, R.F.S. & Gaspar, J.P.M. (2012). *O uso das TIC e as alterações no espaço educativo*. Exedra, 6, .148.
- Porto, C.M. & Porto M.B.D.S.M. (2008). *Uma visão do espaço na mecânica newtoniana e na teoria da relatividade de Einstein*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30 (1). Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172008000100017>
- Rego, R. (2013). *Da Gravitação de Newton à Relatividade de Einstein*. Retirado de <http://cienciaetecnologias.com/gravidade/>

- Renn, J.; Sauer, T. & Stachel, J. (1997). *The Origin of Gravitational Lensing: A Postscript to Einstein's 1936 Science Paper*, Science, 275, 184
- Rezende, F. & Barros, S.S.(2005). *A Hiperímídia e a Aprendizagem de Ciências*. Física na Escola, 6(1), 63-68. Retirado de <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/hipermidia.pdf>
- Ricardo, E. (2004) *Física*. Brasília, DF. Retirado de <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/08Fisica.pdf>
- Rosa, C.W. & Rosa, A.B. (2005). *Ensino de física: Objetivos e imposições no ensino médio*. Revista La Enseñanza de las Ciencias, 4.(1). Retirado de [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART2\\_Vol4\\_N1.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N1.pdf)
- Rosa, P. R. S. (1995). *O Uso de computadores no Ensino de Física. Parte I: Potencialidades e uso Real*. Revista Brasileira de Ensino de Física, 17(2), 182-195.
- Rosenfeld, R. (2005). *A cosmologia*. Física na Escola, 6(1), 31-37.
- Santos, R.F. (2014). *Noções de Astrofísica e de Cosmologia Moderna nas Aulas de Física do Ensino Médio: Uma Sequência Didática a Partir do Paradoxo de Olbers*. (Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.). Retirado de <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3121>
- Singh, S. (2006). *Big Bang*. Rio de Janeiro, RJ: Editora Record.
- Tammann, G. A. & Reindl, B. (2002), *Cosmic Expansion and H<sub>0</sub>: A Retro- and Prospective Note*, proceedings of the XXXVIIth Moriond Astrophysics Meeting “The Cosmological Model”, Les Arcs, France, March 16-23, astro-ph/0208176
- Tavares, N.R.B. (2001). *História da informática educacional no Brasil observada a partir de três projetos públicos* (Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo,) Retirado de <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-19052004-142914/pt-br.php>
- Valente, J. A. (Org.) (1999). *O Computador na Sociedade do Conhecimento* (Coleção Informática para a Mudança na Educação). Retirado de <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/me003150.pdf>



Válio, A.B.M., Fukui, A., Ferdinian, B., Oliveira, G.A., Molina, M.M. & Oliveira, V.S.(2013). *Ser Protagonista – Física Ensino Médio* (2ª ed., Vol. 3).São Paulo, SP: Edições SM.

Videira, A.A.P. (2005). *Einstein e o Eclipse de 1919*. Física na Escola, 6(1), 83-87.

Zylbersztajn, A., (1989). *A Deflexão da Luz pela Gravidade e o Eclipse de 1919*. Cad. Cat. Ens. Fís., Florianópolis, 6 (3), 224-233.