

**INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

DAIELY REJANE XAVIER DE LIMA

**ASTROFÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO: PRODUÇÃO DE UM MATERIAL
DIDÁTICO SOBRE CORPOS DENSOS E ONDAS GRAVITACIONAIS**

JARAGUÁ DO SUL

2022

DAIELY REJANE XAVIER DE LIMA

**ASTROFÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO: PRODUÇÃO DE UM MATERIAL
DIDÁTICO SOBRE CORPOS DENSOS E ONDAS GRAVITACIONAIS**

Trabalho de Conclusão
apresentado ao Curso de
Licenciatura em Física do
Câmpus Jaraguá do Sul, centro
do Instituto Federal de Santa
Catarina para a obtenção do
diploma de Licenciado em
Física

Orientador: Luiz Henrique
Martins Arthury

JARAGUÁ DO SUL

2022

“Toda a nossa ciência, comparada com a realidade, é primitiva e infantil - e, no entanto, é a coisa mais preciosa que temos.”

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Meu primeiro agradecimento dirijo ao meu sobrinho Raul, quando aos 7 anos me questionou “o que é um Buraco Negro?” e conseqüentemente me fez refletir sobre o proveito que o professor pode tirar da curiosidade dos alunos frente aos conteúdos de Física Moderna.

Agradeço também aos amigos que fiz durante o curso e que me deram forças para continuar nas horas mais difíceis, quando até em momentos de lazer estávamos discutindo e reproduzindo questões de conteúdo de forma agradável.

Por terceiro, agradeço meus pais que me apoiaram e me deram forças todas as vezes que pensei em desistir (não foram poucas); a minha namorada que manteve paciência a qual nas noites mal dormidas e tardes ensolaradas de domingo me ajudava estudar para as provas.

Aos professores que estiveram presentes em minha trajetória acadêmica, em especial alguns que estive mais próxima, como a professora Viviane Grimm quando elaborei minha primeira sequência didática e ela questionou: “Daiely, você precisa melhorar isso e construir algo que chame atenção do aluno” (depois disso, sempre ouço a voz dela dizendo que posso melhorar). Somado a isso, professora Cátia por mostrar com outros olhos a profissão do professor, observando o aluno como um ser único com suas dificuldades obviamente importantes para desenvolver um ser crítico com foco em sua aprendizagem, afinal nem todos aprendem da mesma forma. Luiz Fernando e Luiz Arthury que além de conteúdo de física me ensinou que um bom professor trabalha bem com qualquer material a ele fornecido (claro, não romantizando a escassez e falta de investimento na educação), tendo a preocupação com a aprendizagem do aluno como o coração da profissão.

Ainda, ao meu orientador, professor Luiz Arthury, tanto pela paciência, quanto pela cooperação ao compartilhar comigo seus conhecimentos de forma singular demonstrando o quão surpreendente é desenvolver um trabalho com temática tão incrível porém nada simples. E, claro, aos professores que participaram de forma cooperante frente ao material desenvolvido.

Por último mas não menos importante, a oportunidade de estudar em uma instituição pública, gratuita e de qualidade que durante metade do curso me forneceu subsídios me mantendo focada nos estudos com o auxílio de bolsas de pesquisa, monitoria e apoio ao estudante que julgo de extrema importância para permanência e êxito do acadêmico de baixa renda, mas infelizmente foi sendo cortado no decorrer dos anos. No entanto, mantenho a

esperança de que muitos ainda tenham a oportunidade, afinal, conhecimento adquirido é a única coisa que ninguém pode nos tirar.

RESUMO

Compreender o cosmo em toda sua complexidade pode ser considerada como uma das primeiras atividades científicas desenvolvidas na história, proporcionando avanços científicos não apenas para a compreensão do Universo, como também para o desenvolvimento de boa parte de nossa tecnologia. Dentro da Astrofísica, uma das áreas centrais de estudo é a da Relatividade, que, além de ser lugar comum na academia, têm aparecido também nas telas de cinema com filmes que usam essa temática (buracos negros, “buracos de minhoca”, viagens no tempo). Assim, se as aulas de física não se utilizarem desse imaginário, esse espaço será preenchido por fontes e narrativas distorcidas, quando não totalmente equivocadas, produzindo no aluno uma imagem totalmente inadequada tanto dos conceitos envolvidos quanto da própria atividade científica. Contudo, mesmo representando um campo bastante basilar para toda a ciência, a astrofísica costumeiramente é vista de modo bastante limitado na escola, ao mesmo tempo em que é fonte de muitas dúvidas e curiosidades dos alunos. Visando expandir o universo do aluno em função do conhecimento da astrofísica, o presente trabalho teve como objetivo produzir um material didático sobre o tema Astrofísica Moderna no Ensino Médio, analisando na sequência a percepção de professores de Física, atuantes no Ensino Médio, a respeito das potencialidades da proposta por meio de um questionário previamente elaborado no Formulário Google.

Palavras-Chave: Astrofísica moderna. Ensino de física. Corpos densos e ondas gravitacionais. Natureza da ciência.

ABSTRACT

Understanding the cosmos in all its complexity can be considered as one of the first scientific activities developed in history, providing scientific advances not only for the understanding of the Universe, but also for the development of a good part of our technology. Within Astrophysics, one of the central areas of study is that of Relativity, which, in addition to being commonplace in academy, has also appeared on movie screens with films that use this theme (black holes, “wormholes”, travels in the time). Thus, if physics classes do not use this imagery, this space will be filled by distorted sources and narratives, if not totally wrong, producing in the student a totally inadequate image both of the concepts involved and of the scientific activity itself. However, even representing a very basic field for all science, astrophysics is usually seen in a very limited way at school, at the same time it is a source of many doubts and curiosity for students. Aiming to expand the student’s universe in terms of astrophysics knowledge, the present work aimed to produce a didactic material on the subject of Modern Astrophysics in High School, analyzing in the sequence the perception of Physics teachers, working in High School, regarding the potential of the proposal through a questionnaire previously prepared in Google Form.

Keywords: Modern astrophysics. Physics teaching. Dense bodies and gravitational waves. Nature of Science.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Professores participantes da pesquisa, ano em que atua e tempo de atuação....	29
Quadro 2 - Textos e apresentações eletrônicas que compõem o material.....	30
Quadro 3 - Sugestões complementares.....	31
Quadro 4 - respostas dos professores questão três.....	35
Quadro 5 - respostas dos professores questão seis.....	36
Quadro 6 - respostas dos professores questão quatro.....	38
Quadro 7 - respostas dos professores questão cinco.....	40
Quadro 8 - respostas dos professores questão sete.....	42
Quadro 9 - respostas dos professores questão oito.....	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 JUSTIFICATIVA	11
3 OBJETIVOS	14
3.1 Objetivo geral	14
3.2 Objetivos específicos	14
4 PROBLEMA DE PESQUISA	15
5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
5.1 Física Moderna no Ensino Médio	16
5.2 Uma aprendizagem mais significativa	18
5.3 Os corpos mais densos do universo	20
5.4 Corpos densos não produzem apenas luz	23
6 METODOLOGIA	27
6.1 O material didático	30
6.2 Caracterização do modelo de pesquisa e as categorias de análise	32
7 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	34
7.1 Categorias de análise	34
7.1.1 A visão do professor com relação à própria atuação docente somado a receptividade dos alunos	34
7.1.2 A recepção geral dos professores frente ao material, incluindo conteúdo e estrutura	38
7.1.3 A influência desse material acerca da concepção de ciência na formação dos alunos, na visão dos professores	42
7.2 Problema de pesquisa	46
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS	49
APÊNDICE A – O material didático	52
ANEXO A - Respostas completas do questionário	79

1 INTRODUÇÃO

Compreender o cosmo em toda sua complexidade pode ser considerada como uma das primeiras atividades científicas desenvolvidas ao longo do tempo, proporcionando inicialmente conhecimento para questões de sobrevivência como plantio, pesca e navegação. A partir da curiosidade despertada, levando ao aprimoramento de métodos de pesquisa para o desenvolvimento das áreas de estudo e consequentemente abrindo portas para novas investigações é que então surgiu a Astrofísica, um ramo da Astronomia que tem como objetivo o estudo do universo por meio das leis da Física.

Dentro da Astrofísica, uma das áreas que vem se acentuando é o estudo da Relatividade, a qual além das pesquisas acadêmicas, têm aparecido também nas telas de cinema filmes com temáticas abordando buracos negros e viagens no tempo. Assuntos estes que no decorrer dos estágios durante o curso notei os alunos trazendo questionamentos diretamente ligados com a Física tendo potencial para abordagem efetiva em sala de aula.

A Relatividade se distingue em duas teorias científicas, a Relatividade Restrita e a Relatividade Geral onde

Dentro das teorias geral e especial da relatividade, Einstein propõe que o movimento é relativo, ou seja, depende do ponto de vista do qual é observado; o tempo não é uniforme e absoluto como se pensava, mas depende da velocidade; e a física não pode ser definida apenas a partir do tempo, ou a partir do tempo, ou a partir do espaço, mas depende de uma nova relação entre ambos os conceitos (EINSTEIN, 2021).

Relação esta que será melhor descrita ao longo do trabalho mas adianto aqui que se desenvolveu a partir do aprimoramento dos cálculos matemáticos e verificação dos mesmos, se tornando contundente em 1919 com a realização de um ato revolucionário na história da ciência realizado por meio de uma expedição organizada por Arthur Eddington, que esteve presente na Ilha do Príncipe, localizada na costa atlântica da África, juntamente de Edwin Cottingham; tendo outro ponto da expedição localizada em Sobral, região do Ceará, comandada pelos astrônomos Andrew Crommelin e Charles Davidson (SOARES, 2006) confirmando assim a teoria Geral de Einstein, a partir da observação de um eclipse solar, que consequentemente contribuiu diretamente para o desenvolvimento das pesquisas sobre buracos negros e ondas gravitacionais.

Diante dos avanços científicos frente à teoria, as pesquisas em cima da Astrofísica Moderna tem aparecido cada vez mais na vida dos jovens e o ensino de Física Moderna no Ensino Médio englobando o presente conteúdo visa despertar e atender a curiosidade dos alunos diante de filmes ou leituras das quais os mesmos têm contato no cotidiano. Assim, proporcionando uma ampliação do horizonte de conhecimento e compreensão dos tópicos de Física Moderna além do cotidiano, obtendo uma percepção mais adequada do fazer científico e como a ciência se desenvolve, potencializando uma visão crítica e conseqüentemente evitando a propagação de saberes pseudocientíficos e charlatães. Ainda, o fato do Ensino Médio ser caracterizado teoricamente como o último contato formal do indivíduo com a Física, visto que a minoria segue sua formação em cursos superiores, uma porcentagem menor ainda dos que se dedicam à área científica e tecnológica (TERRAZZAN, 1992, p. 212).

Pensando nisso, o presente trabalho teve como objetivo a produção de um material didático sobre o tema Astrofísica no Ensino Médio, mais especificamente sobre corpos densos e ondas gravitacionais, composta por textos, apresentações eletrônicas e sugestões complementares de atividades associadas a partir de uma abordagem da natureza da ciência, visando estabelecer e apresentar a relação entre o contexto histórico e o desenvolvimento da ciência.

Assim, tendo uma pesquisa de cunho qualitativo, o material foi construído numa abordagem da natureza da ciência, a qual de modo cronológico o conteúdo está contextualizado com o momento histórico, estabelecendo relação com conceitos de física clássica compreendendo exemplos que forneça subsídios para a compreensão dos conteúdos modernos. Ainda contou com a participação de professores de física que receberam o material para análise e um questionário referente à ele com questões voltadas à qualidade do material tanto de linguagem quanto a uma possível aplicação. Com isso, a análise da pesquisa foi realizada a partir da percepção dos professores frente ao material desenvolvido.

2 JUSTIFICATIVA

A história da Física é essencialmente dividida em três tópicos, a física clássica, a moderna e a contemporânea (DOMINGUINI, 2012). A física clássica compreende as pesquisas realizadas antes do século XX, como por exemplo as Leis propostas por Newton e o eletromagnetismo do final do século XIX. A física moderna engloba os trabalhos desenvolvidos a partir do início do século XX com as contribuições de Planck e Einstein com a teoria da relatividade, onde já se começa caracterizar as escalas atômicas. E a física contemporânea corresponde à época da Segunda Guerra Mundial tendo como foco as partículas subatômicas. Dois grandes nomes que trabalharam enfaticamente na última citada foram Irène Joliot-Curie e Lise Meitner com os transurânicos (CORDEIRO e PEDUZZI, 2014).

Frente a isso, o ensino de física no Ensino Médio condiz a um currículo desatualizado com tópicos que abordam a física desenvolvida entre 1600 a 1850, não atingindo os avanços científicos mais recentes (TERRAZAN, 1992), conseqüentemente não abrangendo os aperfeiçoamentos tecnológicos que acompanham as descobertas mais intrigantes do universo, que perpetuaram por anos em intensa investigação. Conteúdos estes que despertam curiosidades nos alunos, considerando os costumeiros comentários que os alunos trazem para sala de aula sobre filmes, séries ou até mesmo notícias das quais leram ou ouviram (OLIVEIRA et al, 2007) e que despertou interesse em compreender o fenômeno ali tratado. É imprescindível considerar a facilidade ao acesso à informação que alimenta a disseminação de conteúdos que chamam atenção. Uma vez que o estudante apresenta um questionamento sobre um conteúdo de física, o professor tem a oportunidade de tomar proveito trabalhando o conteúdo de forma atrativa e dinâmica, o que além de aproximar o aluno, contribui diretamente na prática de criticidade, visto que, discutindo e esclarecendo o tema tratado, distingue-se a ciência da pseudociência muitas vezes representada nas redes. Nesse caso cabe ao professor até onde pretende aprofundar a explanação.

Outro ponto pertinente para a inserção da física moderna é o fato de o Ensino Médio proporcionar o último contato formal com a física (OLIVEIRA et al, 2007), visto que a maioria dos alunos não ingressam no ensino superior após a conclusão do Ensino Médio (DOMINGUINI, 2012); além do pouco incentivo a carreira científica pelo fato da pouca compreensão dos conceitos descritos na física de “bloquinhos” com enfoque na

matematização, que não relaciona a realidade que os cerca. Como destaca Oliveira et al (2007, p. 448):

A lacuna provocada por um currículo de física desatualizado resulta numa prática pedagógica desvinculada e descontextualizada da realidade do aluno. Isso não permite que ele compreenda qual a necessidade de se estudar essa disciplina que, na maioria dos casos, se resume em aulas baseadas em fórmulas e equações matemáticas, excluindo o papel histórico, cultural e social que a física desempenha no mundo em que vive.

Diante disso, destaco a importância da exploração da ciência como uma atividade humana, realizada dentro de um contexto histórico e social, frente a primordialidade em formar “alunos e cientistas não apenas com o conteúdo curricular, mas também como a ciência cresce e se desenvolve” (Matthews,1995, *apud* CORDEIRO e PEDUZZI, 2010, p. 476). Sendo também um dos principais fatores para o interesse no desenvolvimento do presente projeto, provindo das experiências vivenciadas no decorrer do curso, potencializadas nos estágios ao entrar em contato com alunos trazendo para a sala de aula questões sobre Física Moderna em que tiveram contato em notícias e filmes, tendo potencial para aproximar o aluno do conteúdo a ser trabalhado nas aulas de Física, produzindo assim uma aprendizagem mais significativa.

Por fim, a ideia da produção de um material didático e não uma sequência didática se deu a partir de inúmeras leituras e discussões ao longo do curso em que ao construir uma sequência didática, de certa forma limita-se a dinâmica de sala de aula, o que muitas vezes é o elementar para passar os alunos de ano. No entanto, pensando efetivamente no aprendizado e considerando momentos dinâmicos em sala de aula, um material didático abre portas para o professor usufruir da forma como melhor lhe convém, levando em consideração a importância de considerar a realidade escolar em que está inserido. Ou seja, um material como o elaborado e descrito no presente trabalho, fornece textos, apresentações eletrônicas e sugestões complementares em que o professor tem a autonomia de utilizar um texto somado a uma apresentação eletrônica e trabalhar o restante do conteúdo utilizando um filme ou documentário, ou utilizar todo o material como construído, por exemplo. De todo modo, a ideia de um material didático de apoio ao professor permite uma aplicação mais maleável ao professor atuante, tanto em questão de que ano do Ensino Médio executar, quanto como ministrar as aulas a partir das ferramentas fornecidas, promovendo assim o incentivo a leitura

e interpretação de texto, criticidade e ao mesmo tempo, consumir um conteúdo interessante em programas de streaming.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Elaborar um material didático abordando o conteúdo de Astrofísica moderna, mais especificamente sobre corpos densos e ondas gravitacionais, e analisar a percepção dos professores de Física frente ao material elaborado.

3.2 Objetivos específicos

- Desenvolver um material didático composto por textos, apresentações eletrônicas e atividades associadas para se trabalhar conceitos modernos de Gravitação.
- Solicitar que professores de Física atuantes no Ensino Médio avaliem o material.
- Analisar a percepção dos professores participantes a respeito do material.

4 PROBLEMA DE PESQUISA

Quais os potenciais de um material sobre Astrofísica Moderna com enfoque em corpos densos e ondas gravitacionais na percepção dos professores de Física atuantes no Ensino Médio?

5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica está dividida em quatro tópicos. O primeiro apresenta um breve panorama da Física Moderna caracterizada no Ensino Médio. O segundo remete a uma perspectiva de aprendizagem que visa superar os problemas que a Educação Básica enfrenta. Os dois últimos tópicos, abordam historicamente o tema “corpos densos e ondas gravitacionais”, consolidando assim, o conteúdo do presente trabalho.

5.1 Física Moderna no Ensino Médio

Apesar das abundantes pesquisas que vêm sendo desenvolvidas no decorrer dos anos frente à implementação da Física Moderna no Ensino Médio, os currículos de física ainda permanecem muito semelhantes àqueles ditados pelos manuais estrangeiros de física, dividindo a disciplina em conteúdos como Mecânica, Física Térmica, Ondas, Óptica e Eletromagnetismo, mantendo “excluída, na prática, toda a física desenvolvida neste século” (TERRAZAN, 1992, p. 209). O que além de ser uma questão pertinente de reformulação dos livros didáticos, contempla também o debate em função da formação de professores, sendo o ponto fundamental da efetivação da proposta em sala de aula, ou seja,

A influência crescente dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mesmo mundo, define, por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos as formas de abordar tais conteúdos na escola de 2º grau (TERRAZAN, 1992, p. 210).

Ainda, o autor enfatiza a problemática em questão de não descredibilizar a Física Clássica, mas utilizá-la como ponte para os conceitos de Física Moderna, visto que a primeira descreve a base das teorias desenvolvidas ao longo da história.

Um estudo realizado por Dominguni (2012) sobre o tema abordado nos livros didáticos do PNLEM destaca as questões a respeito da inserção da Física Moderna no Ensino Médio levando em conta que uma grande parcela dos alunos não ingressam no ensino superior após a conclusão do Ensino Médio, resultando então no último contato formal com a física. Dessa forma, ele analisa cinco livros e conclui que quatro deles apresentam o conteúdo em unidade específica ou capítulo, porém localizados no final do último livro a qual é

trabalhado no terceiro ano. E um deles contempla apenas um texto de complemento denominado “Núcleo atômico e a alquimia do século XX” (DOMINGUINI, 2012, p. 3).

Alguns autores de livros didáticos enfatizam a importância da inserção da Física Moderna no Ensino Médio, não em detrimento da física clássica, mas como complemento. Descrevem o conteúdo como motivação para os alunos seus estudos no campo científico e destacam ainda que tem como objetivo

permitir ao aluno a compreensão da dilatação temporal e da contração do espaço, as condições em que ocorre o efeito fotoelétrico, os postulados de Bohr sobre a estrutura da matéria e os mecanismos que explicam a radioatividade. Os autores também apresentam uma seção denominada Aplicação Tecnológica para ressaltar que os conteúdos contidos no livro não estão distantes da realidade do aluno (DOMINGUINI, 2012, p. 4).

Oliveira et al (2007) destaca que os conteúdos devem acompanhar o avanço tecnológico, visto que as tecnologias atuais vão além das leis de Newton, sendo imprescindível fornecer sustentação para o estudante compreender o mundo que o cerca, visto que “é comum, nas aulas de física, os alunos trazerem discussões sobre assuntos que leram ou ouviram”, descrevendo pelo autor a curiosidade e interesse que desperta nos estudantes em compreender os conceitos apresentados. Somado a isso, Ostermann e Moreira (2016, p. 25) descrevem que os alunos costumam ouvir falar de buracos negros possuindo apenas uma vaga idealização do que se trata, ou até mesmo sobre o Big Bang e a origem do universo sem compreender a relação desses tópicos com a física.

Em uma conferência realizada para discutir a inserção dos conteúdos de física moderna no currículo do ensino médio, surgiram algumas questões pertinentes visando justificar a temática a qual inclui por exemplo o fato de da importância de atrair e despertar os alunos para a área científica, visto que estes serão os futuros professores de física, química e biologia. Somado a isso, levar em conta o entusiasmo em ensinar conteúdos atuais, aproveitando as discussões que os alunos trazem para a sala de aula em função de filmes de ficção científica consumidos pelos mesmos. (OSTERMANN e MOREIRA, 2016, p. 24).

Outro ponto pertinente é o debate acerca da física moderna ser considerada conceitualmente difícil. Diante disso, Terrazzan (1992, p. 211) destaca que o processo de seleção dos conteúdos

deve se basear no equilíbrio entre as necessidades que a própria ciência física impõe para que haja consistência na apresentação dos tópicos e para que privilegie leis gerais e conceitos fundamentais. [...] Deve-se refletir também sobre as possibilidades de desenvolvimento desses tópicos com poucas exigências de cálculos matemáticos.

Uma alternativa para trabalhar esses conteúdos, é a abordagem acerca da natureza da ciência, como apontada por Holton (1979, *apud* ARTHURY, 2020) o fato de que interpretações contextualizadas “podem atrair um número maior de alunos para esta disciplina, que costuma ter baixa procura pelos estudantes em geral”, a qual certamente necessita de uma compreensão adequada por parte do professor. Ainda, Arthury (2020, p. 7) destaca a necessidade de oferecer aos professores (tanto em formação quanto já atuantes) essas questões metodológicas baseadas na natureza da ciência, oportunizando a ele trabalhar o conteúdo da melhor forma possível, assim como pode ser uma estratégia interessante visando despertar o interesse dos alunos nas aulas de Física (KÖHNLEIN, 2003, p. 51).

5.2 Uma aprendizagem mais significativa

O sistema educacional de um país vem sempre vinculado ao contexto histórico-cultural tanto do território nacional quanto das circunstâncias mundiais, tendo como fator principal o quadro econômico, conjuntamente a educação em ciências vinculada ao desenvolvimento científico do país e do mundo (DELIZOICOV, 1994, p. 23). Assim, a educação básica perpetua na história obtendo seus aspectos didáticos focados na aprendizagem mecânica baseados numa metodologia de memorização de fórmulas, definições e respostas corretas para serem reproduzidas em avaliações e posteriormente serem esquecidas (MOREIRA, 2021, p.1), mantendo o foco em passar no vestibular, desprezando o significado da educação e o ensino numa concepção de formar sujeitos críticos detentores de conhecimento.

Autores que se dedicaram vigorosamente no desenvolvimento da pedagogia crítica como por exemplo Ausubel, Moreira e Paulo Freire se tornaram referência no ensino, refletindo diretamente no ensino de física que aos poucos vem crescendo na academia visando a melhoria da educação brasileira. Nesse contexto, Moreira, Doutor em Ensino de Ciências descreve as escolas como centros de treinamento em que “professores e alunos têm que se

submeter a essa cultura treinadora que tem por trás a preparação para o mercado” (MOREIRA, 2021, p.1). Acrescentando ainda que

em termos de ensino e aprendizagem da Física é muito mais importante concentrar-se no interesse dos alunos. E aí vem um grande problema para o ensino da Física: por que grande parte dos alunos não se interessa pela Física? E um grande desafio: como despertar o interesse dos alunos pela Física?

Somado a isso, David Ausubel, psicólogo estadunidense, desenvolveu suas pesquisas no âmbito do desenvolvimento humano educacional, a qual um dos aspectos mais relevantes de sua obra é sua preocupação com a atuação dos professores em sala de aula, tendo como base o alto nível de reprovação. O conceito central da teoria de aprendizagem de Ausubel é aprendizagem significativa que leva em consideração o conhecimento que o estudante possui, relacionando assim com novos conhecimentos, estabelecendo significado ao conteúdo, diferente da aprendizagem mecânica. Ausubel esclarece que a aprendizagem significativa compreende para além da aprendizagem mecânica, mas não são teorias antagônicas. Ou seja, a aprendizagem mecânica é fundamental para adquirir conhecimento e informações inteiramente novas para o estudante, que posteriormente tais conhecimentos passam a ser subsunçores para novas informações introduzidas (FONTELE e CARVALHO, 2020). Como descreve Moreira (1979, p. 276) ao estabelecer relação com a Física:

Uma ideia intuitiva de força e campo serviria como subsunçor para novas informações referentes a forças e campos gravitacional, eletromagnético e nuclear, porém na medida que esses novos conceitos fossem aprendidos de maneira significativa isso resultaria num crescimento e elaboração dos conceitos subsunçores iniciais.

Dessa forma, o conteúdo se desenvolve de forma hierarquizada de acordo com os conhecimentos prévios, facilitando a contextualização dos conhecimentos científicos (GOMES, 2009) contribuindo para formação do estudante como sujeito crítico capaz de estabelecer relação entre os conceitos. Como por exemplo o conceito onda já adquirido, a qual serve de subsídio para trabalhar conteúdos sobre relatividade, onde não somente o conceito de onda gravitacional adquirirá significado para o aluno (MOREIRA, 1979), mas também a concepção de onda pré existente fará mais sentido para ele a partir da organização linear desse

conteúdo, partindo das ondas mecânicas e sua propagação na água, assim como detectamos tais ondas e a importância da compreensão desses fenômenos para melhor entendimento do universo.

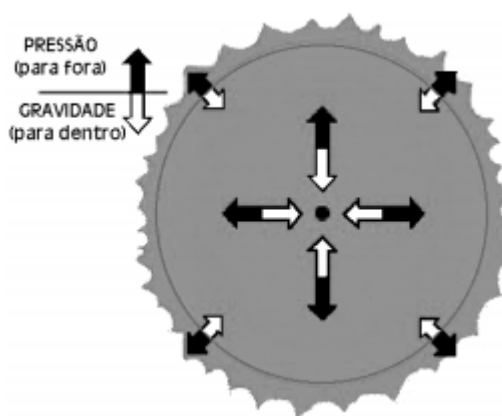
Somado a isso, é notório ao visualizar os boletins escolares a dificuldade que os alunos enfrentam ao lidar com as ciências exatas, em oposição a disciplina de linguagens, pelo fato do ensino estar voltado à matematização. Com isso, uma alternativa que vem sendo abordada na academia é a ponte entre física e literatura, aproximando assim, duas áreas aparentemente tão distintas e antagônicas mas que, visualiza-se proximidade por exemplo ao analisar como a pesquisa científica gera frutos de imagens mentais e linguagens físicas que expressam novos modos de compreender e representar o mundo (ZANETIC, 2006, p.58). Um grande exemplo na Física é como Einstein ilustrou como o princípio do experimento mental, hoje conhecido como “elevador de Einstein” pode tornar localmente indistinguível a inércia e a gravitação” (CASTIÑEIRAS e CRISPINO, 2019, p.17) fornecendo assim subsídios para uma experimentação palpável que posteriormente fundamentou o desenvolvimento de sua Teoria.

5.3 Os corpos mais densos do universo

Indagações sobre os corpos do universo que iluminam nossos dias perpetuam a história da investigação e pesquisa científica desde que navegadores olharam para o céu e guiaram suas desbravações pela extensão do planeta Terra, tendendo aos poucos a inserção em sala de aula o estudo desses objetos cintilantes. À vista disso, a vastidão do espaço e o brilho das estrelas dominam o céu noturno, despertando fascínio em pessoas de todas as idades com uma beleza exuberante desde os primórdios das civilizações, onde utilizava-se dos pontos luminosos do céu como objetos de localização em meio ao oceano na época das navegações e exploração de terras, assim como contribuindo diretamente na evolução científica e tecnológica atual (NASCIMENTO, 2011). Mas o que são exatamente esses pontos luminosos tão chamativos conhecidos como Estrelas? Pois bem, “dizemos que uma estrela nasce no momento do início de queima nuclear em seu centro, no final do processo de contração gravitacional que a originou. Antes de seu nascimento ela é denominada de “protoestrela” (ARANY-PRADO, 2017, p. 94).

De modo sucinto, quando uma estrela é formada, ela consiste inicialmente de hidrogênio e hélio criados no Big-Bang, o processo que deu origem ao universo. Devido ao enorme campo gravitacional, os átomos de hidrogênio na estrela colidem e fundem formando núcleos de hélio (DAMINELI e STEINER, 2010, p.11). O Sol, por exemplo, a estrela do nosso sistema solar é movida pelo hidrogênio que age como um reator atômico, fundindo-se no calor de seu núcleo em átomos de hélio justamente devido a compressão gravitacional, como retratado na figura 1:

Figura 1 - Fase estável de uma estrela: equilíbrio entre os pontos de pressão para fora e pressão para dentro

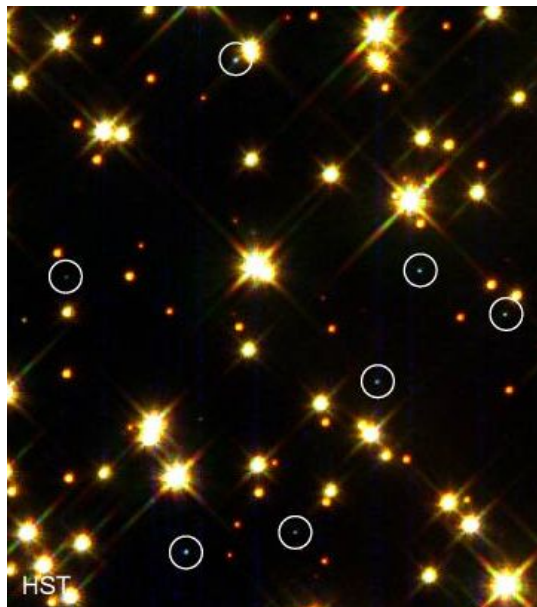


Fonte: Arany-Prado, 2017.

Essa reação depende da massa da estrela, ou seja, quanto maior a massa, mais processos ela realiza, resultando em imensas quantidades de energia, sendo uma das consequências da relação $E=mc^2$, conhecida em decorrência da Teoria da Relatividade de Einstein esclarecendo a relação entre massa e energia. Sendo assim, a reação depende da relação referente ao tamanho da estrela, tendo o Sol como referência. Seu raio varia de acordo com o estágio de evolução da estrela (ARANY-PRADO, 2017).

Estrelas com massas inferiores a 0,5 da massa Solar, tem uma vida da ordem de 20 bilhões de anos remanesendo em uma anã branca. As estrelas anãs brancas (figura 2) são imensamente quentes em um estágio de resfriamento, visto que as combustões internas não possuem continuidade (ARANY-PRADO, 2017).

Figura 2 - Concentração de Anãs brancas (circuladas) capturada pelo Telescópio Espacial Hubble



Fonte: H. Richer ([UBC](#)), [NASA](#)

Em sua fase final, o Sol se resumirá em uma Anã branca, uma estrela “fria”, assim como citado anteriormente o fato de não produzir mais energia, liberando apenas a energia excedente (STEINER, 2010, p. 727).

Uma supernova é resultado de uma explosão estelar extraordinariamente poderosa e luminosa tendo sua luminosidade óptica comparada a uma galáxia inteira. A partir desse evento, “a matéria que desmorona pode formar uma estrela de nêutrons superdensa no centro ou, no caso de uma estrela pesada, um buraco negro que absorve a matéria” (MCGRAYNE, 1994, p. 384)

Diante dos estudos das Supernovas, Jocelyn Bell, doutoranda de 24 anos, proporcionou novos conhecimentos no campo da Astrofísica com a descoberta dos pulsares em sua pesquisa por meio de radiotelescópios, ao descrever que:

Por ser tão densa quanto um núcleo atômico, uma estrela de nêutrons parece-se com um gigantesco laboratório de matéria nuclear de 10 quilômetros de diâmetro. Uma estrela de nêutrons não possui muito mais quantidade de matéria nuclear do que a existente em todos os átomos da Terra; [...] as estrelas de nêutrons são superdensas, estando a apenas um passo do *status* de buraco-negro (MCGRAYNE, 1994, p. 384-385).

Quando duas estrelas de nêutrons se fundem, é produzido elementos atômicos que são possíveis somente a partir de eventos como estes, ejetando partículas de alta energia e radiação em direções opostas proporcionando uma explosão de raios gama e ondulações no espaço-tempo. Essas detecções acarretaram os primeiros indícios de observacionais da existência de buracos negros (ALMEIDA, 2021, p. 99).

5.4 Corpos densos não produzem apenas luz

A Relatividade geral inserida na história da ciência evidencia memoráveis eventos e a forma como as coisas foram se desenvolvendo ao longo dos anos. Cada questionamento, convenção e desenvolvimento das Teorias no mais inimaginável que partiu de indagações triviais como porque as coisas caem para baixo, quais as forças atuantes nos corpos, como o Sol se mantém no centro do Sistema Solar e porque Buraco Negro tem esse nome.

Questionamentos formam o corpo da ciência e propiciam revoluções científicas. O princípio da relatividade que em dado momento da história aparentemente não havia muita coerência, permeou ao longo dos anos resolvendo questões em aberto que tiravam o sono dos cientistas, revolucionando excepcionalmente o entendimento sobre conceitos fundamentais da física como o tempo, espaço, massa, energia, gravidade e luz (CASTIÑEIRAS e CRISPINO, 2019, p.16).

O conceito de ondas gravitacionais, por exemplo, pôde ser compreendido a partir da Teoria da Relatividade Geral de Einstein, a qual foi confirmada em 1919 por meio de uma expedição organizada pelo Observatório de Greenwich tendo como objetivo a observação de um eclipse total do Sol. Essa expedição visava esclarecer alguns pontos em aberto na ciência onde num contexto específico, certamente foi dividida em duas localidades que descreviam o objetivo do experimento, sendo uma na região de Sobral, no Ceará. E a outra localizada na Ilha do Príncipe, África Ocidental. Essencialmente, o trabalho provém da controvérsia envolvendo a possibilidade da luz sofrer deflexão por influência da gravidade, sugerida por Newton 200 anos antes em 1704 da qual havia divergência com relação aos cálculos anteriores e a teoria geral proposta por Einstein (ZYLBERSZTAJN, 1989).

Apesar dos resultados não descreverem precisamente os preditos por Einstein, análises realizadas por pesquisadores envolvidos, levaram em conta os efeitos da difração atmosférica

e aberração óptica dos telescópios. E, com isso, as chapas fotográficas foram analisadas com o rigor necessário que posteriormente culminou na concordância com a Teoria de Einstein e em desacordo com a teoria de Newton, rompendo com os conceitos clássicos de espaço e tempo (ZYLBERSZTAJN, 1989).

Nesse contexto, a teoria da gravitação de Isaac Newton não levava em conta o referencial, ele postulava que a velocidade da luz era constante mesmo se a massa mudasse de posição, visto que, para ele,

a gravidade era uma força invisível que agia à distância, proporcional ao produto das duas massas, que se atraíam, e ao inverso do quadrado da distância entre elas. Esta lei da gravitação, como ficou conhecida, não dizia nada sobre a velocidade de propagação da força gravitacional. Aliás, este foi um assunto de debate por mais de dois séculos: qual seria a velocidade de propagação da força da gravidade? O próprio Newton não tinha certeza da resposta (AGUIAR, 2018)

Por conseguinte, em 1905 Einstein propôs a Teoria da Relatividade restrita, o nome sugestivo descrevia apenas sistemas que se movem em referência a velocidades constantes. Não contente, passou aproximadamente dez anos em busca de uma generalização que abordasse também os sistemas acelerados, enfim concretizada em 1915 como Relatividade Geral, a teoria einsteiniana da Gravitação (PIATTELLA, 2020). Dessa maneira, uma teoria em que lidava com velocidade constante, agora levava em consideração a gravidade e suas implicações que anteriormente não eram consideradas.

No livro ‘A música do Universo’ Janna Levin nos apresenta as ondas gravitacionais como uma das maiores descobertas científicas. Descreve os buracos negros como corpos “pesados como estrelas, pequenos como cidades, literalmente buracos (espaços vazios) negros (com total ausência de luz)” a qual um telescópio usual é incapaz de detectar.

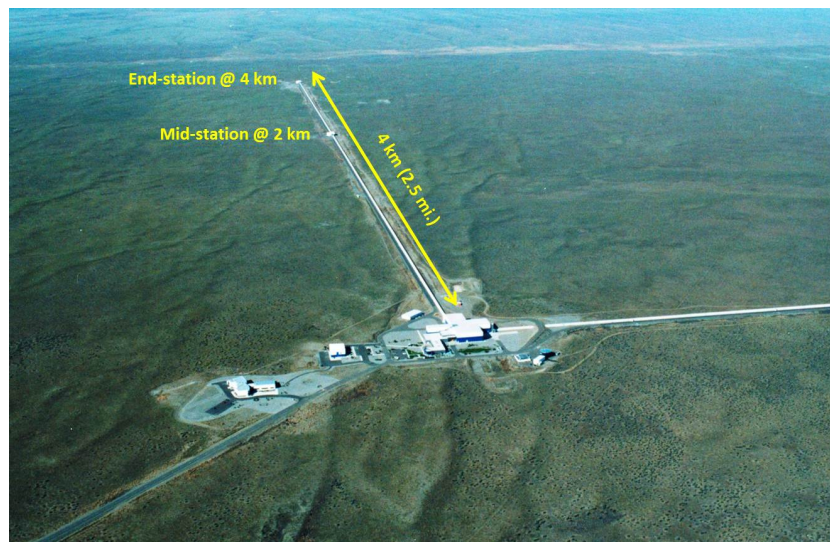
Nenhum ser humano jamais ouviu uma onda gravitacional. Nenhum instrumento a gravou de modo indubitável. A partir do impacto, percorrer o espaço até a Terra na velocidade da luz poderia levar 1 bilhão de anos. Quando a onda gravitacional chegasse, o ruído estaria tão fraco que ficaria imperceptível. Mais fraco até do que isso (LEVIN, 2016, p. 9).

Ainda, Levin (2016) destaca que na segunda metade do século XX iniciou-se um movimento em busca do som do céu, quatrocentos anos depois de Galileu apontar pela primeira vez um telescópio rudimentar para o Sol, um experimento conceitual, hoje é um

instrumento de metal e vidro que começou gravar os céus em 2015, um século depois de Einstein publicar as descrições matemáticas das ondas gravitacionais. Instrumento este conhecido como Observatório de Ondas Gravitacionais por Interferômetro Laser (LIGO) é um projeto fundado em 1992 por Kip Thorne e Ronald Drever tem como propósito detectar ondas gravitacionais. Em 14 de setembro de 2015 foi obtida a primeira detecção de onda gravitacional com um sinal quase simultâneo nos dois detectores, compreendido posteriormente como a colisão de dois buracos negros. A partir da análise dos sinais, foi possível estabelecer a região aproximada do evento, sendo na zona das nuvens de Magalhães, que teria ocorrido “há cerca de 1.3 mil milhões de anos, numa altura em que a escala evolutiva da Terra era dominada por bactérias” (HERDEIRO, 2020).

Dois grandes interferômetros desenvolvidos para detectar ondas gravitacionais, LIGO e Virgo são essencialmente dois detectores isolados de perturbações externas. O LIGO é constituído de dois interferômetros, ambos localizados nos EUA que trabalham em parceria com o Virgo, também um interferômetro em operação, porém com sede na Itália . Projetados em formato de L, consistem em dois instrumentos chamados de braços como representados nas figuras 3 e 4.

Figura 3 - Laser Interferometer Gravitational Observatory (LIGO)



Fonte: ligo.caltech.edu

Figura 4 - Vista aérea de Virgo

Fonte: public.virgo-gw.eu

O trabalho em conjunto de LIGO e Virgo possibilitou a detecção de um evento astrofísico ocorrido a milhares de anos-luz de nós que viajou deformando e produzindo perturbações no espaço-tempo. Apesar de ser um evento de grande proporção no universo, é um efeito muito pequeno que necessita de extrema precisão para detectar ondas gravitacionais geradas a partir de colisões de corpos densos. A descrição pragmática desse sistema demanda um considerável empenho computacional, algo impossível algumas décadas atrás (SAA, 2016, p. 12).

Dessa forma, considerações mais recentes e pesquisas na área sobre buracos negros e a detecção de ondas gravitacionais potencializam a exploração e compreensão dos corpos mais densos do universo, expandindo o domínio do conhecimento sobre o que perpetua ao redor do planeta Terra, assim como determinadas pesquisas e descobertas proporcionam um progresso tecnológico que contribui tanto para a evolução da ciência e tecnologia (como o acesso a internet), quanto ao fomento de desvendar o que cerca o mísero pálido ponto azul a qual a humanidade costuma chamar de casa.

6 METODOLOGIA

O presente trabalho é caracterizado como uma pesquisa de cunho qualitativo, ou seja, tende a uma perspectiva relacionada à qualidade do estudo em questão em que não busca enumerar ou medir eventos, mas sim, compreender os fenômenos de acordo com os participantes do contexto estudado e a partir disso, edificar uma interpretação dos eventos estudados (NEVES, 1996, p. 1).

A pesquisa qualitativa estabelece o campo e dimensão em que o trabalho será desenvolvido, lidando com um método situado em determinado contexto que lida essencialmente com dois tipos de dados, os verbais, coletados por meio de entrevistas ou questionários, e narrativas não verbais demonstradas no desenvolver da aplicação, como as relações estabelecidas e apresentadas diante do proposto. Ou seja, a pesquisa deseja diagnosticar, descrever e interpretar um fenômeno a partir de suas determinantes, como descreve Neves (1996, p. 1) ao enumerar principais características essenciais da pesquisa qualitativa, sendo elas:

- I. o ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como instrumento fundamental;
- II. o caráter descritivo;
- III. o significado que as pessoas dão às coisas e à sua vida como preocupação do investigador;
- IV. enfoque indutivo;

Assumindo assim, um ponto central de pesquisa, que diferencia por exemplo da pesquisa quantitativa, e que manifesta diversos significados no campo de pesquisa visando descrever os componentes de um sistema complexo de significados.

Ao caracterizar a pesquisa como qualitativa, o pesquisador assume a responsabilidade de elemento principal como instrumento de investigação, obtendo contato direto com o cenário de pesquisa, contando também com a natureza dos dados qualitativos como “descrições detalhadas de situações, eventos, pessoas, interações e comportamentos observados, situações literais do que as pessoas falam sobre suas experiências, atitudes, crenças e pensamentos...” (MAZZOTTI, 1991, p. 54).

Partindo desse pressuposto, considerando a interação com os participantes e buscando compreender os sentidos atribuídos aos fenômenos estudados, foi então estabelecido

previamente o que se pretendia investigar, de que forma ocorreria essa investigação e porque o estudo seria relevante, tanto em termos de contribuições teóricas, quanto práticas. Assim, inicialmente foi realizado um aprofundamento teórico sobre o tema para elaboração de um material didático a partir de uma abordagem da natureza da ciência composto por textos, apresentações eletrônicas e atividades associadas, numa linha da aprendizagem significativa desenvolver um material de apoio ao professor com foco em expandir o horizonte do aluno quanto ao conteúdo e investigações que permeiam a Astrofísica Moderna.

O problema de pesquisa “Quais os potenciais de um material sobre Astrofísica Moderna com enfoque em corpos densos e ondas gravitacionais na percepção dos professores de Física atuantes no Ensino Médio?” norteou o desenvolvimento de todo o trabalho. Somado a ele, os objetivos intrínsecos à investigação visaram (I) desenvolver um material didático composto por textos, apresentações eletrônicas e atividades associadas para se trabalhar conceitos modernos de Gravitação; (II) Solicitar que professores de Física atuantes no Ensino Médio avaliem o material e (III) Analisar a percepção dos professores participantes a respeito do material.

Dito isso, a produção do material didático contou com um compilado de leituras de artigos sobre a história da ciência e da física minuciando o contexto do desenvolvimento da Teoria da Relatividade Geral (TRG), desde a gravitação clássica; livros como “A música do Universo” da Janna Levin, “Teoria da relatividade: sobre a teoria da relatividade especial e geral” do Albert Einstein, partes “Do big bang ao Universo eterno” de Mário Novello e “Buracos Negros: Palestra da BBC Reith Lectures”, de Stephen Hawking. Ainda, o filme Interestellar do Christopher Nolan e o documentário “Buracos Negros: No Limite do Conhecimento ” que conta com Peter Galison com Stephen Hawking, Sasha Haco, Andrew Strominger e Malcolm Perry contribuíram para que ele foi redigido pensando numa linguagem acessível aos alunos do Ensino Médio.

Todo esse empenho demandou mais tempo do que foi imaginado, porém, foi então produzido um material didático de 28 páginas contendo 3 textos, uma apresentação eletrônica de complemento para cada um, totalizando 3. Somando ainda, algumas sugestões complementares com o intuito de dinamizar uma possível aplicação, considerando que é um material de apoio ao professor, o que visualiza-se a necessidade de permitir que o docente utilize da melhor forma adequando a sua realidade escolar. Ou seja, o conjunto de práticas pode ser utilizado de várias formas, como por exemplo no primeiro ano do ensino médio, o

primeiro texto fornece elementos para se trabalhar a mecânica abrangendo todo o contexto histórico e social inserido no conteúdo; e a partir disso, pode-se combinar com outras atividades, incentivando a leitura e desenvolvimento do pensamento crítico de forma dinâmica. O documento se encontra no Apêndice A.

Com o material pronto, foi desenvolvido um questionário no google form contando com 8 perguntas abertas como meio de sondagem das considerações a serem relatadas, que posteriormente foi enviado aos professores via e-mail em conjunto com o documento PDF do material.

Os professores participantes da pesquisa foram selecionados tendo como característica principal a atuação na educação básica, assim como contou com a participação de iniciantes de carreira e alguns já atuantes com um pouco mais de tempo, proporcionando assim, uma melhor visualização de propostas metodológicas e a relação com o tempo de trabalho.

De todo modo, o conjunto do material com o questionário foi enviado a 10 professores, porém foi obtido resposta de apenas 8 deles, como descrito no quadro a seguir:

Quadro 1 - Professores participantes da pesquisa, ano em que atua e tempo de atuação

Professor	Atuação	Tempo de atuação
A	1º, 2º e 3º ano do médio. Além disso, no 9º ano do fundamental II	6 anos
B	1º, 2º e 3º ano do médio	2 anos
C	2º e 3º ano do médio	11 anos
D	1º e 2º ano do médio	3 meses
E	1º, 2º e 3º ano do médio	11 anos
F	1º e 3º ano do médio	Iniciou esse semestre
G	1º, 2º e 3º ano do médio	12 anos
H	1º, 2º e 3º ano do médio	2 anos

Fonte: próprio autor

6.1 O material didático

Como já brevemente descrito anteriormente, este foi pensado, desenvolvido e resultando num conjunto de 3 textos, 3 apresentações eletrônicas correspondentes às leituras e 5 sugestões complementares. De forma adequadamente estruturado, ele apresenta inicialmente o tema, o público alvo, resumo e objetivos do material das quais tentem essencialmente

- I. Incentivar a leitura e interpretação de texto, envolvimento com a história da ciência, distanciando-se da ideia errônea de que Física é apenas uma matemática avançada.
- II. Tomar conhecimento sobre corpos densos e ondas gravitacionais conhecendo a história do desenvolvimento dos estudos, problematizando a ciência e o processo de construção de uma teoria.
- III. Conhecer que a ciência é realizada por pessoas inseridas num contexto histórico e social.

Em seguida, as sequências de textos que contêm 3 páginas cada um. Uma leitura um tanto quanto considerável para o público adolescente; e apresentações eletrônicas elaboradas em formato powerpoint compreendendo o essencial do texto análogo que a partir deste, o professor aprofunda cada ponto da forma como preferir. De todo modo, o quadro a seguir expõe brevemente a composição do que foi produzido.

Quadro 2 - Textos e apresentações eletrônicas que compõem o material

	Textos	Apresentação eletrônica
(I)	“Os sucessos da gravitação clássica e um pouco mais”	“Gravitação Clássica: um pouco da história da ciência”
(II)	“Estrelas e suas remanescentes”	“Estrelas, remanescentes e a Teoria da Relatividade Geral”
(III)	“Vida longa e próspera”	“Considerações recentes e pesquisas na área”

Fonte: próprio autor.

De modo geral, o documento como um todo aborda um histórico sucinto e preocupado com os conceitos básicos da gravitação, começando pela revolução copernicana, passando por Kepler, Galileu, Newton e entre outros grandes nomes da ciência contribuindo de forma introdutória contextualizando as questões de astrofísica moderna que vem na sequência,

fechando com buracos negros, ondas gravitacionais e pesquisas recentes. Para avançar no conteúdo, introduz-se questões limitantes da gravitação newtoniana, delineando certa transição conceitual entre Newton e Einstein contando com discussões epistemológicas como testabilidade e predição, somado a questionamentos ao longo dos próprios textos com o intuito de gerar questionamento no leitor, incentivando a pesquisa e reflexão acerca do que está sendo lido.

Para complementar, algumas sugestões de recursos adicionais agregam o material a fim de aproximar os adolescentes do tema em questão. Levando em conta que cada indivíduo aprende de sua maneira, uns lendo, outros ouvindo, outros visualizando, é importante explorar das mais diversas formas que se conciliam com a realidade escolar. Assim, o material também conta com sugestões complementares e uma breve descrição sobre cada recurso. Este se encontra no Apêndice A, mas de forma breve são as seguintes indicações:

Quadro 3 - Sugestões complementares

Filme	“Interestelar”
Filme	“O primeiro Homem”
Documentário	“Buracos Negros: No Limite do Conhecimento ”
Experimento	Lençol com objetos massivos
Cálculo utilizando a fórmula $R_s=2GM/c^2$	Cálculo do raio de Schwarzschild
Projeto sugerido	Elaboração de Podcast/Teatro/vídeo/outros

Fonte: próprio autor

Em resumo, o critério de elaboração do material se deu principalmente a uma metodologia de ensino voltada à Natureza da Ciência, numa perspectiva de relacionar leitura com o ensino de física, distanciando da matematização exacerbada que constitui a física do Ensino Médio. Uma sequência de textos com sugestões de filmes, documentários e experimentos possui potencial para ampliar o processo de ensino aprendizagem, trabalhando numa concepção significativa em que conversa com algo trazendo ele a frente de seu aprendizado, envolvendo situações e exemplos cotidianos e que provocam certa curiosidade

diante da temática. Note quantas notícias, filmes e séries sobre colisão de buracos negros, viagem no tempo e outros tópicos relacionados das quais os jovens têm acesso. Ainda, como complemento essencial, incentivar a pesquisa, o debate e a explanação sobre ciência e charlatanismo que vem atrasando avanços científicos mundo afora.

6.2 Caracterização do modelo de pesquisa e as categorias de análise

Ao se propor um material didático, voltado inicialmente aos professores, já se está naturalmente permitindo uma indissociabilidade entre pesquisa (realizada ao longo do TCC) e ensino (a proposta na visão dos professores pensando numa possível aplicação a alunos de física). Conjuntamente, ao envolver sujeitos da comunidade (professores da região de Jaraguá), e oferecer também oportunidades de conformação e coparticipação, oportuniza-se práticas de extensão que podem ainda envolver os alunos desses professores. Assim, intenta-se que os resultados desta ação possam representar novas oportunidades formativas para o público em geral, garantindo que seus resultados não se restrinjam à academia.

Como mencionado anteriormente, a pesquisa se caracteriza num modelo qualitativo que contou com uma coleta de dados a partir de um questionário referente ao material didático sobre *Corpos Densos e Ondas Gravitacionais*.

Para desenvolver o questionário, foi necessário pontuar precisamente o que se buscava a partir dele, visto que os resultados obtidos daquele grupo de professores refletem não apenas diferenças nas características que estão sendo ponderadas, mas também são consideradas algumas variáveis como grau de formação, personalidade, nível de atuação e suas tendências metodológicas.

Foram consideradas questões abertas, o que promove certa liberdade para os participantes responderem com suas próprias palavras, sem limitar a escolha de alternativas. Assim como promove um grau de criticidade em indagações que exigem um posicionamento, estimulando uma argumentação acerca de comentários, explicações, esclarecimentos e principalmente sugestões e complementações diante do material em que foi lido; afinal, esse é o ponto principal do trabalho, obter o parecer dos professores atuantes com o intuito de investigar quais os potenciais do material na visão dos docentes atuantes.

As questões para os professores foram as seguintes:

1. Em qual série do Ensino Médio você atua?

2. Tempo de atuação no Ensino Médio?
3. Você implementaria essa proposta junto aos seus alunos? Em quais turmas você acha que seria mais interessante trabalhar o tema proposto?
4. O que você achou da construção dos textos? Está em linguagem adequada? Alguma sugestão?
5. O que você mudaria no material para uma implementação junto às suas turmas?
6. Seus alunos costumam trazer questionamentos sobre física moderna para a sala de aula? Se sim, como você costuma abordá-los?
7. Você acha importante trazer tópicos de física moderna para o ensino médio? Justifique.
8. O que você acha sobre trabalhar os conteúdos a partir de uma abordagem da natureza da ciência? De que modo seria impactado esse conhecimento mais abrangente na vida dos alunos com relação a atividade científica?

Levando em conta tanto os objetivos do presente trabalho, quanto do próprio material didático somado as respostas obtidas a partir do questionário, as categorias de análise foram pensadas da seguinte forma:

- I. A visão do professor com relação à própria atuação docente somado a receptividade dos alunos;
- II. A recepção geral dos professores frente ao material, incluindo conteúdo e estrutura;
- III. A influência desse material acerca da concepção de ciência na formação dos alunos, na visão dos professores.

São essas categorias que nortearam a análise da presente pesquisa das quais são apresentadas no próximo item.

7 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este trabalho teve como principal objetivo a produção de um material didático sobre Astrofísica moderna e analisar a percepção dos professores de Física frente ao material elaborado e desenvolvido para apoio ao professor de Física que atua no Ensino Médio, voltado preferencialmente ao segundo ano. Foi levado em consideração os conhecimentos prévios de Gravitação Universal e princípios fundamentais da física clássica abordados no primeiro ano. No entanto, fica a critério do professor determinar quando e como o material pode ser utilizado em sua realidade escolar. Diferente de uma sequência didática, ele proporciona liberdade ao professor escolher trabalhar um ou todos os textos.

Em síntese, o tópico consiste em dialogar com o parecer dos professores, apresentando alguns trechos das respostas de acordo com as três categorias de análise preestabelecidas, desenvolvendo assim, uma análise e discussão dos resultados obtidos relacionando com o problema de pesquisa que norteou o presente trabalho. As perguntas do questionário respondido pelos professores estão organizadas aqui de modo em que a questão corresponda a categoria de análise.

7.1 Categorias de análise

7.1.1 A visão do professor com relação à própria atuação docente somado a receptividade dos alunos

Essa categoria objetiva evidenciar a perspectiva do professor quanto a sua metodologia de trabalho associada à participação dos alunos. Para isso, a análise foi feita a partir de duas questões - questão 3 e 6 - respondidas por eles via questionário, que correspondem à categoria de análise em questão.

A questão 3 objetiva averiguar a recepção dos professores do material somado à sua abordagem em sala de aula, ou seja, em qual etapa do ensino médio implementaria o material.

Questão 3 - Você implementaria essa proposta junto aos seus alunos? Em quais turmas você acha que seria mais interessante trabalhar o tema proposto?

Quadro 4 - respostas dos professores questão três

Professor	Argumentação
A	Ainda que acredite que isso seja relativo, visto que o não é apenas o material "em si" mas este de posse das metodologias do professor que o fará efetivo em sala, entendo que deveria ser no terceiro ano do ensino médio. Não por acreditar que outras turmas "não estariam prontas" mas pelo gênero que se escolhe: texto. Mesmo os textos sendo bem acessíveis, se considerarmos como o ensino médio se organiza hoje, eu penso que a dinâmica de ter um texto em mãos para ler e tecer análises ou fazer debates se encaixa melhor no final do ensino médio. Mas reforço, mais uma vez, que isso é relativo.
B	Sim, eu implementaria essa proposta. Já costumo trabalhar com parte do conteúdo nos primeiros anos (geocentrismo x heliocentrismo; revolução científica; gravitação universal, relatividade restrita) e outra parte nos segundos anos (ciclo estelar e buracos negro). Logo, penso que eu implementaria a proposta nos primeiros ou segundos anos. Seria uma bela forma de “apresentar” a Física para os alunos recém-chegados no ensino médio.
F	Sim! Em qualquer ano, desde que propriamente adaptada. No primeiro ano, pode ser utilizada - sobretudo sua primeira parte - para um estudo histórico do movimento, que está muito relacionado ao desenvolvimento histórico da gravitação/astrofísica. No segundo, com o enfoque dado (para a gravitação) e no terceiro, visando a Física Moderna e pesquisas atuais em Física.
G	Com certeza implementaria. Acredito que já no 1º ano seria interessante trabalhar Astrofísica, pois é o momento que eles são apresentados à Física, onde eles vem com a curiosidade aguçada. E nada melhor que trabalhar esse assunto de início!

Apesar de não destacar aqui as respostas de todos os professores participantes, foram selecionadas as respostas mais completas. No entanto, todas as respostas na íntegra se encontram no Apêndice A.

Quanto à receptividade dos professores frente ao material, as respostas apresentam um padrão unânime sobre a utilização do mesmo. Somado a isso, cada um expressou sua opinião quanto ao conteúdo propriamente dito, o que diversificou as respostas, como por exemplo o professor A que opta por aplicar o material ao final do Ensino Médio, destacando que:

Não por acreditar que outras turmas "não estariam prontas" mas pelo gênero que se escolhe: texto. Mesmo os textos sendo bem acessíveis, se considerarmos como o ensino médio se organiza hoje, eu penso que a dinâmica de ter um texto em mãos para ler e tecer análises ou fazer debates se encaixa melhor no final do ensino médio.

Já os professores B e G apresentam uma visão diferente da organização do conteúdo, declarando que aplicariam o material já no primeiro ano, com uma visão de já apresentar a Física para os alunos. Sendo uma forma interessante de iniciar o Ensino Médio, distanciando da matematização e memorização de fórmulas.

Por fim, o professor F declara que utilizaria o material em qualquer dos três anos, desde que propriamente adaptada e acrescenta exemplos de como organizaria a aplicação para cada turma, de modo a combinar com o conteúdo correspondente daquela etapa do Ensino Médio.

A questão 6 tende mais para a curiosidade dos alunos quanto ao conteúdo, de acordo com o levantamento de questionamentos e a receptividade dos professores.

Questão 6 - Seus alunos costumam trazer questionamentos sobre física moderna para a sala de aula? Se sim, como você costuma abordá-los?

Quadro 5 - respostas dos professores questão seis

Professor	Argumentação
A	Sim, costumam. Muitas vezes baseado em vídeos curtos que eles viram no youtube ou tik tok. Até aí, não tenho nenhum preconceito, pois é a forma como eles acessam esses questionamentos e eu adoro quando eles trazem para a sala de aula. Normalmente, não importa que assunto eu esteja discutindo, quando uma pergunta dessas vem, eu simplesmente paro a aula para dedicarmos tempo em discuti-la. Além disso, sempre tento puxar essas discussões quando ensino outros temas (afinal de contas não teria outro jeito para superar o tédio monstruoso que é, às vezes, ensinar por exemplo cinemática falando de bloquinhos).
B	Sim, é comum que alunos tragam questões sobre física moderna. Boa parte dessas questões os alunos têm contato em canais de divulgação científica via redes sociais. Penso que é importante discutir com o aluno sobre a temática de modo que toda a turma tenha acesso à discussão. Instigar esses alunos que apresentam mais afinidades com a Física. Outro ponto que percebo é que é comum os alunos trazerem questões sobre ciência de fronteira (teoria das cordas, universos paralelos, o que tinha antes do Big Bang, entre outros). Esse é um momento fértil para o professor discutir aspectos de ciência da natureza, como predição, experimento, verificação e tal. Portanto, é fundamental que o professor esteja familiarizado com a física moderna e atento às questões de ponta de física para que possa, a partir dos alunos, enriquecer suas aulas.

D	Sim, alguns alunos sempre acabam fazendo uma pergunta ou outra, sobre física moderna. Eu curto bastante quando isso acontece, sempre paro a aula (principalmente porque, na minha vida docente, a maior parte das perguntas sobre física moderna vieram dos estudantes do ensino fundamental, eles são mais curiosos e têm mais dúvidas, principalmente na hora de abordar o surgimento do Universo lá no sexto ano), converso com eles utilizando a linguagem mais adequada possível, dentro das possibilidades da turma, explico o que eles perguntam, geralmente já adianto uma ou outra curiosidade que possa estar ligada a pergunta original e, confirmo com toda a turma, até que todos tenham entendido a pergunta feita por um dos colegas e o que isso significa dentro da ciência.
H	Isso é muito normal, visto que a ciência "está" em ascensão. A resposta é sempre muito pontual, mas em algumas ocasiões nós acabamos aprofundando o assunto. Normalmente os questionamentos são mais ligados às estruturas dos buracos negros e o que sabemos sobre eles, por isso são poucas as vezes em que aprofundamos algumas coisas. Na escola que trabalhei, duas salas possuíam computador, então era bem fácil puxar uma informação/imagem ou conceito pra abordar na hora da pergunta, normalmente dava pra chegar em uma "resposta".

É visível o consenso entre os professores sobre o interesse dos alunos diante do tema, levando em conta o destaque que boa parte das questões de Astrofísica Moderna os alunos têm contato em canais de divulgação científica via redes sociais, telas de cinema e páginas de streaming.

Os professores A e D destacam que conduzir uma explicação a partir do questionamento de um aluno gera uma aula mais dinâmica, utilizando uma linguagem mais acessível e dessa forma tendendo a um distanciamento da física de bloquinhos.

Ainda, o professor B salienta que

Esse é um momento fértil para o professor discutir aspectos de ciência da natureza, como predição, experimento, verificação e tal. Portanto, é fundamental que o professor esteja familiarizado com a física moderna e atento às questões de ponta de física para que possa, a partir dos alunos, enriquecer suas aulas.

E, por fim, o professor H acrescenta a utilização de computadores, utilizando de forma frutífera ao incentivar os alunos a pesquisarem sobre os questionamentos apresentados, afastando o aluno do contexto de telespectador de modo a inserir ele em sua própria aprendizagem. Não necessariamente excluindo o professor de seu papel chave em sala de aula, mas estabelecendo uma melhor relação professor x aluno a partir de metodologias

diversas.

De modo geral, quanto à categoria de análise em que visava investigar a visão do professor com relação à própria atuação docente somado a receptividade dos alunos, é notável, a partir das respostas, a aproximação que os professores têm tido dos alunos, tornando assim uma aprendizagem mais significativa, distanciando da metodologia de memorização que permeou por décadas o ensino básico.

7.1.2 A recepção geral dos professores frente ao material, incluindo conteúdo e estrutura

A segunda categoria de análise é voltada para a visão do professor de acordo com o material propriamente dito, ou seja, a perspectiva de cada um frente ao conteúdo e a linguagem utilizada, extensão e a própria organização estrutural.

Para isso, aqui destacam-se as questões 4 e 5 do questionário do professor.

A questão 4 é diretamente focalizada na estrutura geral dos textos.

Questão 4 - O que você achou da construção dos textos? Está em linguagem adequada? Alguma sugestão?

Quadro 6 - respostas dos professores questão quatro

Professor	Argumentação
A	Sim, acredito que sim. Mesmo que isso também dependa muito do leitor, eu entendo que os textos podem, em algum nível, desafiar ou "desestabilizar" fazendo com que os estudantes se engajem. Acredito que o texto está dinâmico, com um estilo que favorece o diálogo.
D	A construção está ótima, acredito que a linguagem adotada é muito boa. Além de estar clara e objetiva, existem algumas "falas" no meio do texto que fazem com que o estudante (adolescente) sinta mais facilidade para continuar a leitura.
F	A linguagem está acessível para os alunos, o que é algo bem positivo. Porém, alguns parágrafos estão muito grandes e com muitas informações que não são triviais, tampouco de fácil entendimento. Claro que a implementação poderia resolver isso com pausas para discussões e explicações pelo professor, garantindo o entendimento dos estudantes, mas considero que para um entendimento adequado dos fenômenos físicos abordados, uma leitura do texto pelos alunos não seria suficiente [...] Os textos dão uma ideia de progresso e verificacionismo bastante crua, direta, não controversa. Veja que eu sou defensora da ideia de progresso na ciência e de que há, sim, processos de verificação de teorias que compõem a autorregulação da ciência. Porém

	essas ideias estão colocadas no texto de forma muito direta e simples, como se fosse algo óbvio e sem questionamento, sem sequer dar indícios da complexidade e dos múltiplos fatores que envolve.
H	Os textos seguem uma linha muito interessante. Aparentemente o material foi construído com maior fôlego nos capítulos dois e três (penso nisso por conta da forma como está escrito). A linguagem geral é leve e de fácil compreensão (o que para o ensino médio é excelente, eu mesmo não consegui fazer isso, haha). Porém, há algumas poucas passagens dos textos que merecem uma atenção maior, sobretudo tratar o primeiro texto com exemplos.

Com relação à linguagem e estrutura de modo geral, todos eles declararam estar acessível para os alunos. O professor A ainda acrescenta que a escrita está dinâmica, favorecendo o diálogo.

O professor D declara que a linguagem está clara e objetiva e ainda os diálogos/questionamentos trazidos no meio do texto facilitam a leitura do estudante adolescente.

Os professores F e H destacam que apesar da linguagem acessível, os textos possuem algumas passagens que necessitam de maior atenção, como destacado

que a implementação poderia resolver isso com pausas para discussões e explicações pelo professor, garantindo o entendimento dos estudantes, mas considero que para um entendimento adequado dos fenômenos físicos abordados, uma leitura do texto pelos alunos não seria suficiente [...] Os textos dão uma ideia de progresso e verificacionismo bastante crua, direta, não controversa. [...] essas ideias estão colocadas no texto de forma muito direta e simples, como se fosse algo óbvio e sem questionamento, sem sequer dar indícios da complexidade e dos múltiplos fatores que envolve (Professor F).

São apresentadas sugestões para implementação, como a leitura durante a aula, contando com pausas para esclarecimentos e discussões realizadas pelo professor; assim como reforçar a complexidade dos fatores envolvidos diante do desenvolvimento da temática ao longo da história da ciência.

A questão 5 soma a questão anterior, onde o professor agora contribui com o aprimoramento do material pensando numa aplicação.

Questão 5 - O que você mudaria no material para uma implementação junto às suas

turmas?

Quadro 7 - respostas dos professores questão cinco

Professor	Argumentação
A	Apenas colocaria imagens. Eu entendi a proposta junto aos slides, mas penso que como você cita vários períodos, nomes e "objetos da física", poderia inserir imagens que ajudam a condução do leitor.
B	Sugiro que o nome de Katie Bouman seja inserido quando o texto aborda a foto do buraco negro, para que o material didático não esconda, como tantos outros, o papel da mulher na história da ciência, principalmente na história recente. No mais, penso que não mudaria nada.
C	A princípio sem mudanças, provavelmente tenha que ser feita alguma alteração após a aplicação. Mas só colocando em prática.
D	Levando em consideração o pouco tempo em sala de aula no ensino médio, pois desde a minha formatura atuei por mais tempo no ensino fundamental, acredito que os textos podem estar um pouco longos para serem trabalhados com "antecedência", principalmente no que se refere a este momento (ainda) pandêmico. Percebi bastante resistência dos estudantes em realizar tarefas no tempo casa, então um texto "extenso" (não é mas, por eles, seria considerado) remeteria algumas dificuldades em ser lido antes das aulas. Talvez uns recortes do texto junto a uma conversa em sala de aula, dentro da realidade em que me encontro, seja mais viável para conseguir implementar esse conteúdo tão interessante, junto aos estudantes.
E	Não mudaria o material, mas acrescentaria algumas metodologias em algumas partes (levaria um pano com algumas bolas para demonstração em sala, recursos áudios/visuais sobre o EHT etc)
F	O principal ponto, logo de cara, é a apresentação do texto. Ele não está atrativo para os estudantes. Só de bater o olho em uma página branca ocupada totalmente por apenas texto preto, em fonte acadêmica, eles vão perder a vontade de ler. Claro que realizar a diagramação de um texto não é algo trivial, porém, pelo menos para uma versão digital, penso que seria mais interessante, ao invés de ter uma apresentação à parte, ir incluindo as imagens e suas descrições no texto. Ter parágrafos mais curtos. Explicar de forma mais "mastigada" alguns fenômenos e episódios históricos.[...]
G	Nada.... só colocaria o nome da autora.
H	A linha temporal dos textos é ótima. Se eu pudesse sugerir alguma adaptação é tratar com mais calma alguns assuntos específicos de física. Você tem um texto muito denso em algumas passagens e em outras traz uma linguagem mais "popular" para diminuir isso. É excelente, porém algumas explicações ficam vazias em meio a tantos conceitos.

Para a análise da questão 5, trouxemos as respostas de todos os professores, pelo fato de ser um ponto primordial no trabalho que foi pensado e desenvolvido substancialmente para apoio do professor, então nada mais significativo do que a própria visão dos professores sobre uma possível aplicação considerando suas contribuições.

Os professores A e B sugeriram o acréscimo de imagens que facilitem a condução da leitura e também nomes que não foram citados, como por exemplo ao sugerir que

o nome de Katie Bouman seja inserido quando o texto aborda a foto do buraco negro, para que o material didático não esconda, como tantos outros, o papel da mulher na história da ciência, principalmente na história recente. No mais, penso que não mudaria nada (Professor B).

O professor C considera que possíveis mudanças fossem realizadas a partir da aplicação, tendo assim uma visão melhor de como a turma responderia à metodologia adotada. Semelhante a isso, o professor E acrescentaria complementos que tornassem a dinâmica da aula mais interativa, como a utilização de experimento, como o do lençol que demonstra a distorção do tecido, e/ou recursos audiovisuais, mencionados no próprio material.

Por último, os professores D, F e H destacaram que os textos são longos demais para uma leitura no Ensino Médio. Como sugestão, é recomendado alguns recortes do texto para tratar em uma conversa em sala de aula, tornando viável a implementação do conteúdo (professor D). Assim como tratar com mais calma alguns assuntos específicos da física, devido a densidade do texto em determinadas passagens (Professor H).

O professor F destacou alguns pontos mais específicos pensando na recepção dos alunos frente a apresentação e composição do texto.

O principal ponto, logo de cara, é a apresentação do texto. Ele não está atrativo para os estudantes. Só de bater o olho em uma página branca ocupada totalmente por apenas texto preto, em fonte acadêmica, eles vão perder a vontade de ler. Claro que realizar a diagramação de um texto não é algo trivial, porém, pelo menos para uma versão digital, penso que seria mais interessante, ao invés de ter uma apresentação à parte, ir incluindo as imagens e suas descrições no texto. Ter parágrafos mais curtos. Explicar de forma mais "mastigada" alguns fenômenos e episódios históricos[...] (Professor F).

E, por fim, o professor G não mudaria nada no material, apenas acrescentaria o nome

da autora, que por descuido foi esquecido de mencionar; e se tratando de história da ciência, apresentando a cronologia e dando credibilidade aos grandes nomes que muitas vezes não aparecem.

De modo geral, todos os componentes da pesquisa se mostraram dispostos a contribuir com um possível aprimoramento do material, apresentando posicionamentos críticos e construtivos que certamente acrescentam de forma positiva na pesquisa realizada e possível futura continuidade.

7.1.3 A influência desse material acerca da concepção de ciência na formação dos alunos, na visão dos professores

Finalmente, a terceira e última categoria de análise conta com a verificação do posicionamento e ponto de vista dos professores diante da concepção de ciência, a relevância em trabalhar física moderna numa abordagem histórica e o impacto na educação quanto ao conhecimento científico.

Composta também por duas questões, sendo a questão 7 e 8.

A questão 7 está diretamente ligada à visão dos professores quanto à relevância da temática pensando no Ensino Médio.

Questão 7 - Você acha importante trazer tópicos de física moderna para o ensino médio? Justifique.

Quadro 8 - respostas dos professores questão sete

Professor	Argumentação
A	Sim. Não preciso seguir a idéia de "vamos ensinar a física do século XX antes que ele acabe" pois acredito que temos motivos melhores (e menos fatalistas) que esse. A importância de discutir esses tópicos não é só de ensinar "coisas" que estão sendo produzidas e explicadas em tempos mais recentes, mas sim discutir a dimensão cultural, histórica e filosófica da física; ou seja, respeitar melhor essa senhora de 300 anos. Qualquer período de tempo, dado os condicionantes iniciais, podem ser tomados como análise da ciência produzida na época. No entanto, acredito que o que se considera física moderna, tem inúmeras discussões controversas, debates recentes e impactos que podem ajudar inclusive a combater charlatanismos. Afinal de contas, encontramos os criminosos "coach quânticos" e toda a parafernália mística que os acompanha. Do meu ponto de vista, se a educação em

	ciências almeja "desencapsular" os conteúdos e contribuir para a justiça social, ensinar física moderna deve ser obrigação e não escolha.
B	Física moderna no ensino médio deve ser regra e não exceção. Como discutiremos a física atual, ou até mesmo a física cotidiana, sem abordarmos a física do século XX. É essa a ciência que se desenvolve, que acontece, que apresenta lacunas e que faz novas descobertas (esclareço que falo de física moderna e contemporânea, a depender do entendimento das nomenclaturas). Já se defende, na academia, o ensino de física apenas com física moderna. Eu sou do povo que gosta da história da ciência, principalmente para trabalhar epistemologia da ciência. O que não concordo é que se ensine somente as descobertas da física que aconteceram até o final do século XIX. O material didático produzido nos dá tanta coisa para ensinar e a relatividade é uma das duas grandes teorias da física atualmente. O professor de física já estará bastante ocupado ao ensinar tópicos de relatividade e física quântica.
D	Extremamente importante. Nós já estamos no século XXI e a física do século XX ainda não foi implementada de forma adequada dentro do currículo. Por mais que existam professores que falam sobre esses tópicos, existem muitos outros que acham que os estudantes não tem capacidade para aprender tais temáticas (já ouvi isso de outros professores de ciências, por exemplo), o que é um absurdo, pois é óbvio que, utilizando métodos e linguagens menos formais, eles conseguem tranquilamente aprender tais assuntos, que são tão importantes, tão curiosos para alguns deles e merecem um tempo especial dentro da sala de aula.
F	Muito! Há vários estudos da área de ensino de física que argumentam nesse sentido melhor do que eu poderia fazer [...]. O principal, pra mim, é que não trabalhar com esses tópicos configura uma certa negligência com os estudantes. Penso que não há justificativa para não trabalhar com tais temas. Podem ser trabalhados conceitualmente, se a justificativa for a dificuldade matemática. A complexidade também não é justificativa, uma vez que a Física Clássica também é extremamente complexa, mas foi sendo didatizada para corresponder às expectativas curriculares. Além disso, é o nosso trabalho como docentes buscar formar estudantes que tenham condições de, pelo menos, saber como buscar estudar temas complexos. São os temas que estão sendo pesquisados atualmente, que influenciam a configuração social atual, sobre a qual deverão tomar decisões em suas vidas. Como eles vão apoiar (ou não) a destinação de recursos públicos para pesquisas de base em física, por exemplo, se eles sequer têm ideia de como funcionam ou sobre o que tratam? Como vão compreender a relação entre conhecimento científico e tecnologias, dos dois com o sistema econômico vigente, das desigualdades sociais relacionadas a isso às quais muitas vezes são vítimas? Ter uma ideia, pelo menos, dos temas que são explorados e de como funcionam as pesquisas é imprescindível para a formação de todos os sujeitos.
G	Acho sim. A física moderna não faz parte somente do estudo científico, ela está no nosso cotidiano. Muitas das perguntas dos alunos envolve esses conceitos. E nada melhor do que começando a compreender o universo que

	nos cerca, o universo já conhecido pelos alunos, e assim motivá-los a querer saber mais, a querer entender o que está a nossa volta.
--	--

Novamente todos os professores concordam a relevância em trabalhar conteúdos de física moderna no Ensino Médio. Somado a isso, os professores A, F e G complementam que não apenas pelo fato do conteúdo em si, mas a dimensão que se adquire ao expandir o horizonte do aluno com conhecimentos atuais, potencializando um conhecimento mais amplo do mundo e sociedade em geral, como menciona o professor A

A importância de discutir esses tópicos não é só de ensinar "coisas" que estão sendo produzidas e explicadas em tempos mais recentes, mas sim discutir a dimensão cultural, histórica e filosófica da física; ou seja, respeitar melhor essa senhora de 300 anos [...]. Do meu ponto de vista, se a educação em ciências almeja "desencapsular" os conteúdos e contribuir para a justiça social, ensinar física moderna deve ser obrigação e não escolha.

O professor B destaca que “Física moderna no ensino médio deve ser regra e não exceção.”, exemplificando a partir do próprio material analisado ao mencionar que “O material didático produzido nos dá tanta coisa para ensinar e a relatividade é uma das duas grandes teorias da física atualmente”.

Ainda, o professor D retoma a questão da metodologia utilizada para se trabalhar física, visto que

utilizando métodos e linguagens menos formais, eles conseguem tranquilamente aprender tais assuntos, que são tão importantes, tão curiosos para alguns deles e merecem um tempo especial dentro da sala de aula.

Finalmente, a questão 8 sonda a visão dos professores diante do ensino não convencional - que vai além da física de bloquinhos - a partir de uma visão crítica da atividade científica e a importância de se trabalhar os conteúdos de física de modo mais abrangente, aproximando o aluno da aula, expandindo o horizonte dos jovens diante do universo que os cerca.

Questão 8 - O que você acha sobre trabalhar os conteúdos a partir de uma abordagem da natureza da ciência? De que modo seria impactado esse conhecimento mais abrangente na

vida dos alunos com relação a atividade científica?

Quadro 9 - respostas dos professores questão oito

Professor	Argumentação
B	<p>Defendo que trabalhar aspectos da natureza da ciência é importante em qualquer temática que o professor desenvolverá. O desenvolvimento da atividade científica, aspectos históricos, sociais, políticos, econômicos e culturais, são tão relevantes para a formação dos alunos quanto qualquer conceito, fenômeno ou teoria. Eu poderia indicar outros pontos importantes do ensino de física via natureza da ciência, mas nesse momento me sinto na obrigação de destacar o combate ao negacionismo científico. Passamos do momento em que o negacionismo nos produz ativistas terraplanistas, pseudociências que objetivamente visam enganar, lucrar, os desavisados e chegamos no ponto que em os negacionistas chegaram no mais alto escalão do governo federal, culminando diretamente da morte de centenas de milhares de pessoas durante uma das maiores pandemias mundiais. Entendo que ensinar como a ciência se desenvolve atualmente, como produz conhecimento, como publica seus resultados, revisão por pares, às cegas, também é peça chave no combate ao negacionismo. Os professores de física têm o dever de fazer das suas aulas um espaço de ensino de ciência que combata o negacionismo científico. Para isso, é importante assumir sua responsabilidade social. Dar aula de física demanda posicionamento e ações políticas.</p>
D	<p>Completamente válida, talvez a influência de alguns professores durante o curso tenham total interferência nessa minha perspectiva. A abordagem da natureza da ciência é muito mais interessante, do ponto de vista histórico e cultural, para que o estudante entenda de onde aquele conhecimento veio e como foi construído, quais são os impactos que a sociedade traz a tona em determinados momentos importantíssimos para a história. Faz muito mais sentido aprender dessa forma do que os conteúdos virem "soltos", sem muito contexto. Ainda precisamos levar em consideração que o atual momento em que estamos vivendo, traz uma ideia equivocada sobre a ciência e como se faz ciência. É importante e extremamente válido ressaltar junto aos estudantes a importância que a ciência tem para a sociedade, principalmente no que se refere a desmistificar ideias equivocadas sobre ciência, como a pulseira da energia, o colchão magnético, as garrafas imantadas, as terapias holísticas e por aí vai...</p>
F	<p>É imprescindível. Para mim, é a maneira que mais faz sentido trabalhar no ensino de Ciências, pois é apenas trabalhando natureza da ciência que se permite uma aprendizagem reflexiva sobre aquilo que se estuda.</p>
H	<p>Imprescindível. Não dá mais pra falar de ciência sem citar os inúmeros processos de produção científica. Ainda não vejo a natureza da ciência sendo trabalhada como deveria ser: como conteúdo. [...] Natureza da ciência, há tempos, já deveria ser parte do planejamento do professor. Eu e você</p>

	conhecemos os processos de aprendizagem e como tudo isso é muito complexo dentro da atividade humana, porém também sabemos que a objetividade matemática que vem sendo trabalhada no todo da área de ensino de ciência não se fez muito efetiva.
--	--

Na última questão também é predominante a consonância em função do ensino por meio da natureza da ciência tendo seus potenciais reflexos na educação, como destacado:

Os professores de física têm o dever de fazer das suas aulas um espaço de ensino de ciência que combata o negacionismo científico. Para isso, é importante assumir sua responsabilidade social. Dar aula de física demanda posicionamento e ações políticas (Professor B).

O professor D complementa o argumento ressaltando que é

extremamente válido ressaltar junto aos estudantes a importância que a ciência tem para a sociedade, principalmente no que se refere a desmistificar ideias equivocadas sobre ciência.

Para finalizar, os professores F e H salientam ser “imprescindível” utilizar a metodologia em questão, entendendo que “apenas trabalhando natureza da ciência que se permite uma aprendizagem reflexiva sobre aquilo que se estuda” (Professor F). Incluindo ainda que “Natureza da ciência, há tempos, já deveria ser parte do planejamento do professor” (Professor H), sendo trabalhada efetivamente como conteúdo.

Sendo assim, quanto à terceira categoria de análise, os professores entram em concordância com relação a importância de se ensinar a atividade científica, apresentando como as coisas funcionam efetivamente, com potencial do aluno conseguir realizar pesquisas de forma crítica, distinguindo ciência de charlatanismo e também, dando sentido às fórmulas e conceitos cobrados em testes e vestibulares.

Conforme já mencionado, todas as respostas na íntegra se encontram no Anexo A.

7.2 Problema de pesquisa

O problema de pesquisa compreende as três categorias de análise, visto que partindo da indagação “Quais os potenciais de um material sobre Astrofísica Moderna com enfoque em

corpos densos e ondas gravitacionais na percepção dos professores de Física atuantes no Ensino Médio?”, baseado nas respostas obtidas, notamos que o material tem potencial para aplicação em sala de aula.

Com isso, apesar da sugestão de aplicação voltada para o segundo ano do Ensino Médio, alguns professores concordaram e outros destacaram a possibilidade de empregar tanto no 1º, 2º ou 3º ano do Ensino Médio.

No entanto, alguns destacaram alteração e/ou adaptação tanto no material quanto numa possível aplicação; o que faz total sentido e anda junto com a proposta do material que fornece liberdade para ser combinado em distintas possibilidades de acordo com cada realidade de sala de aula.

Somado a isso, foi acentuada a questão de linguagem e densidade dos textos, sugestão de agregar figuras, detalhar mais alguns aspectos em que se encontram densos para adolescentes como público alvo; o que nesse caso, foi sugerido também leitura dialogada em sala de aula. No entanto, foi destacada também a questão de adaptação, por exemplo levando em consideração a curiosidade que os alunos apresentam diante do tema.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise, notamos que apesar da literatura trazer que a Astrofísica Moderna e a Natureza da Ciência não são recursos didáticos muito utilizados, tendo predominância ainda da matematização e “física de bloquinhos”, as respostas dos professores surpreendeu nesse sentido.

Os principais argumentos usados demonstram preocupação com a educação científica e interesse na utilização do material, ainda que com possíveis ajustes ou reformulações conceituais, que são completamente válidas.

Inicialmente a pesquisa tinha como foco desenvolver o material e implementar em sala de aula, porém devido momento pandêmico ela foi reescrita e adaptada de forma positiva. Sendo assim, os objetivos pretendiam

- Desenvolver um material didático composto por textos, apresentações eletrônicas e atividades associadas para se trabalhar conceitos modernos de Gravitação.
- Solicitar que professores de Física atuantes no Ensino Médio avaliem o material.
- Analisar a percepção dos professores participantes a respeito do material.

E foram todos atingidos de forma suficiente, levando em conta ainda que 80% dos professores convidados para colaborar com a pesquisa participaram efetivamente, trazendo argumentos críticos e frutíferos.

De todo modo, como trabalho futuro pretendemos dar continuidade com a pesquisa, com foco na implementação em sala de aula e nesse caso uma exploração com os próprios alunos e professores, contemplando assim, a recepção deles diante do material desenvolvido.

Em síntese, apresentamos aqui uma pesquisa qualitativa com o objetivo de desenvolver um material de apoio ao professor sobre corpos densos e ondas gravitacionais numa abordagem da história da ciência, e consideramos que os resultados foram promissores. Ainda que com idas e vindas, o momento pandêmico e político trouxe alguns desânimos, porém conseguimos concluir o que era possível dado o contexto.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Odylio Denys. Astrofísica de ondas gravitacionais. **Notas de aula da disciplina AST-300 do curso de Pós-Graduação em Astrofísica do INPE**, 1992.

ALMEIDA, Carla Rodrigues. Buracos negros: mais de 100 anos de história. **Cadernos de Astronomia**, v. 2, n. 1, p. 93-103, 2021. Disponível em: <https://www.periodicos.ufes.br/astrofísica/article/view/33499/22901>. Acesso em: 06 abril 2021.

ARANY-PRADO, Lilia Irmeli. À luz das estrelas. **Rio de Janeiro: DP&A Editora**, p. 25-48, 2006.

ARTHURY, Luiz Henrique Martins. A natureza da ciência no ensino de física: entre recortes e sugestões. **Revista do Professor de Física**, v. 4, n. 2, p. 1-17, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/29774/27375>. Acesso em: 06 abril 2021.

CASTIÑEIRAS, Jorge; CRISPINO, Luís Carlos Bassalo. Relatividade geral: fundamentos e primeira comprovação experimental. **Ciência e Cultura**, v. 71, n. 3, p. 16-22, 2019.

CORDEIRO, Marinês Domingues; DE QUADRO PEDUZZI, Luiz Orlando. As Conferências Nobel de Marie e Pierre Curie: a gênese da radioatividade no ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 473-514, 2010. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5165455>. Acesso em: 7 abril 2021.

CORDEIRO, Marinês Domingues; PEDUZZI, Luiz OQ. Entre os transurânicos e a fissão nuclear: um exemplo do papel da interdisciplinaridade em uma descoberta científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 536-563, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2014v31n3p536/27959>. Acesso em: 7 abril 2021.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José Andrade. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1994.

DOMINGUINI, Lucas. Física moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 1-7, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbef/v34n2/v34n2a13.pdf>. Acesso em: 06 abril 2021.

EINSTEIN, Albert. **A teoria da relatividade: sobre a teoria da relatividade especial e geral: (para leigos)** / Albert Einstein; tradução de Silvio Levy. Porto Alegre, RS: L&PM, 2021.

FONTELE, Francisco Felipe Moura; CARVALHO, João Cláudio Nunes. Sequência didática para o ensino de ondas gravitacionais e interferência no ensino médio. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e365997087-e365997087, 2020.

HERDEIRO, Carlos AR. Ondas gravitacionais e (astro) física fundamental. **Revista de Ciência Elementar**, v. 8, n. 4, 2020. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/pdf/2020/058/>. Acesso em: 07 abril 2021.

KÖHNLEIN, Janete Francisca Klein et al. Uma discussão sobre a natureza da ciência do ensino médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita. 2003.

LEVIN, Janna. **A música do universo: ondas gravitacionais e a maior descoberta científica dos últimos cem anos**. Editora Companhia das Letras, 2016.

MAZZOTTI, Alda Judith Alves. O planejamento de pesquisas qualitativas em educação. **Cadernos de pesquisa**, n. 77, p. 53-61, 1991.

MCGRAYNE, Sharon Bertsch. **Mulheres que ganharam o Prêmio Nobel em Ciências**. Marco Zero, 1994.

MOREIRA, Marco Antônio. A teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização de conteúdo de Física. **Revista Brasileira de Física**, v. 9, n. 1, p. 275-292, 1979. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>. Acesso em: 07 abril 2021.

MOREIRA, Marco Antonio. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021.

NASCIMENTO, Sylvania Sousa. Olhar estrelas? Um desafio pedagógico pouco enfrentado no contexto brasileiro. 2011.

NEVES, José Luis. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades. **Caderno de pesquisas em administração, São Paulo**, v. 1, n. 3, p. 1-5, 1996.

OLIVEIRA, Fabio Ferreira de; VIANNA, Deise Miranda; GERBASSI, Reuber Scofano. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbef/v29n3/a16v29n3.pdf>. Acesso em: 06 abril 2021.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em ensino de ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2016. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/600>. Acesso em: 06 abril 2021.

PIATTELLA, Oliver Fabio. Introdução à relatividade geral. **Cadernos de Astronomia**, v. 1, n. 1, p. 30-39, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/astromia/article/view/30827>. Acesso em: 06 abril 2021.

SAA, Alberto. Cem anos de buracos negros: o centenário da solução de Schwarzschild. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, 2016.

SOARES, Domingos SL. A Real Importância de Sobral na Ciência Moderna. **Bulletin of the Astronomical Society of Brazil**, v. 25, n. 2, p. 21-29, 2006. Disponível em:

<http://www.observatorio.ufmg.br/pas64.htm>. Acesso em: 07 abril 2021.

STEINER, João E. Buracos Negros: sementes ou cemitérios de galáxias? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, p. 723-742, 2010. Disponível em:

<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2010v27nespp723/17204>.

Acesso em: 07 abril 2021.

TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7392/6785>.

Acesso em: 06 abril 2021.

TEIXEIRA, Francimar Martins. **Uma análise das implicações sociais do ensino de ciências no Brasil dos anos 1950-1960**. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 12, n. 2, p. 269-286, 2013.

ZANETIC, João. Física e literatura: construindo uma ponte entre as duas culturas. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 13, p. 55-70, 2006.

ZYLBERSZTAJN, Arden. A deflexão da luz pela gravidade e o eclipse de 1919. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v.6, n.3, p.224-233, 1989. Disponível em:

<https://antigo.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/download/9255/15164>. Acesso em: 07 abril 2021.

APÊNDICE A – O material didático

Conteúdo	Corpos densos e ondas gravitacionais
Público alvo	O material foi desenvolvido para utilização no Ensino Médio voltado preferencialmente ao segundo ano, levando em consideração os conhecimentos prévios de Gravitação Universal e princípios fundamentais da física clássica abordados no primeiro ano. No entanto, fica a critério do professor determinar quando e como o material pode ser utilizado em sua realidade escolar. Diferente de uma sequência didática, o material proporciona liberdade ao professor escolher trabalhar um ou todos os textos. Porém, como sugestão, que sejam trabalhados em sequência, de modo que seja enviado para os alunos realizarem a leitura com antecedência à aula, tendo potencial para uma aula mais produtiva com a participação dos alunos a qual a mesma poderá ser guiada com a utilização da apresentação eletrônica, dando abertura para possíveis complementos.
Resumo	Composto por três textos, três apresentações eletrônicas e algumas sugestões complementares, o material busca tratar historicamente o estudo dos buracos negros, incluindo o contexto em que a ciência se desenvolve e práticas mais recentes.
Objetivos	<ol style="list-style-type: none"> I. Incentivar a leitura e interpretação de texto, envolvimento com a história da ciência, distanciando-se da ideia errônea de que Física é apenas uma matemática avançada. II. Tomar conhecimento sobre corpos densos e ondas gravitacionais conhecendo a história do desenvolvimento dos estudos, problematizando a ciência e o processo de construção de uma teoria. III. Conhecer que a ciência é realizada por pessoas inseridas num contexto histórico e social.

Texto 1

Os sucessos da gravitação clássica e um pouco mais

Ao falar de ciência, algumas questões vêm à tona, como por exemplo: O que significa dizer que algo foi comprovado cientificamente?

Pode-se dizer que a atividade científica é movida exatamente pelos questionamentos, sua testabilidade e previsões. Quando Aristóteles, na Grécia antiga, elaborou um modelo cosmológico não foi somente por observação de pontos cintilantes, mas havia certa determinação já utilizando ferramentas disponíveis na época, como a geometria que forneceu mecanismos para estabelecer a esfericidade da Terra que, juntamente com a observação do céu noturno, ajudou a formular a ideia de que o sistema do universo possuía um caráter geocêntrico (com a Terra no centro do Universo).

O modelo geocêntrico permaneceu durante quase vinte séculos, até que novos questionamentos surgiram e então foi abalado pela proposta heliocêntrica de Nicolau Copérnico (1473-1543). Ele acreditava que a Terra era apenas mais um planeta orbitando em torno do Sol fixo, completando uma volta a cada um ano, e girando em torno do próprio eixo todo dia. Também explicou as estações do ano que ocorrem pelo fato do eixo de rotação da Terra não ser perpendicular ao plano de sua órbita (veja as miniaturas de globo terrestres, eles são inclinados).

O ano de 1543 foi de notável importância para a história da ciência. O livro denominado *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (Sobre as revoluções das esferas celestes) escrito por Copérnico foi publicado no mesmo ano de sua morte. Apesar disso, ele já havia desenvolvido sua teoria algumas décadas antes, teorias estas que já explicavam diversos fenômenos, como por exemplo os mencionados no parágrafo anterior, assim como o movimento retrógrado dos planetas (a mudança na visão dos planetas a partir da Terra); uma explicação expandida dos delineamentos propostos por Ptolomeu. Essa demora possivelmente se refere a visão religiosa do Universo naquela época.

Dando seguimento às ideias de Copérnico, Kepler (1571-1630), professor de matemática e assistente do astrônomo Tycho Brahe, é considerado figura essencial na revolução científica do século XVII. Ok, mas o que significa Revolução Científica? Pois bem, na história da ciência, entre os séculos XVI e XVIII (era renascentista) o senso crítico tomava forma e a ciência que até então estava atrelada à Teologia, passa a ser um conhecimento mais estruturado desmembrado da Igreja. Dito isso, Kepler concordou com o modelo proposto por Copérnico e o aprimorou, por meio da matemática, propôs que se as órbitas dos planetas fossem elípticas e não circulares, o sistema copernicano se adequaria melhor aos fenômenos observados. Para isso, ele levou em conta também as observações de Tycho Brahe, um astrônomo dinamarquês que estudou detalhadamente os movimentos dos planetas, reunindo dados que posteriormente Kepler utilizou para desvendar uma harmonia no movimento dos planetas (conhecida hoje pelo conjunto das Leis de Kepler).

Perceba como as coisas vão fluindo e os questionamentos vão sendo testados e as evidências vão justificando as hipóteses. Pense como as coisas se desenvolveriam se os pensadores acreditassem fielmente naquela ou nessa teoria sem algum questionamento ou descoberta indesejável? Assim como vimos até aqui que até então acreditava-se no geocentrismo, teoria esta que fez sentido por muito tempo, até que uma galera começou a perguntar: espera aí, não é bem assim, os corpos não estão girando perfeitamente em torno de nós, tem algo errado. Percebe? Pense nisso. Veremos mais à frente como as coisas vão acontecendo.

Considerado o pai da ciência moderna, Galileu Galilei (1564-1642)—foi um matemático e astrônomo que colaborou grandemente nos desenvolvimentos acerca da observação. Um cara engenhoso que além de estudar fenômenos acerca de velocidade, gravidade, queda livre, inércia e outros, construiu também uma luneta, curioso para observar além do que podemos ver a olho nu. Uma de suas maiores façanhas foi quando apontou seu instrumento para o céu noturno e notou que a Lua não era uma esfera perfeitamente lisa (como se acreditava até então). Mais extraordinário que isso, observou que esta não era a única lua do Sistema Solar, Júpiter possuía quatro companheiras em seu entorno. Imagina essa descoberta na época?

As descobertas de Galileu certamente causaram alvoroço, pois além de evidenciar que a Terra não estava no centro (como Copérnico havia sugerido há 70 anos), estava descobrindo novos complementos no nosso Sistema.

A partir do senso comum, Aristóteles compreendeu que uma carroça se mantém em movimento enquanto há uma força atuando (nesse caso, o cavalo puxando), mas quando uma flecha continuava a voar por meio do ar, quando não tem nada puxando ela, as coisas ficavam confusas. Como assim ela continua voando? Hoje esse fenômeno parece simples para nós, conhecido como Inércia, Galileu foi o primeiro a apresentar o conceito e verificá-lo experimentalmente. Um exemplo disso é o movimento da Lua em torno da Terra. Nunca se perguntou por que ela está sempre ali e ainda não saiu passeando pelo espaço? Na verdade, ela tende sim sair pela tangente (de acordo com o princípio da Inércia), mas pela força de atração gravitacional com a Terra, ela continua seu movimento aproximadamente circular e uniforme em torno do nosso planeta, sem sair vagando por aí no Universo. Pense nisso.

Sir Isaac Newton (1642-1727), conhecido como um dos maiores cientistas de todos os tempos, nasceu no mesmo ano em que Galileu veio a falecer. Dando continuidade nas ideias, Newton “descobriu” a gravidade e as grandes leis do movimento, em um momento em que o Universo ainda era um lugar misterioso (mais do que hoje, claro, ainda tem muita coisa por vir). Como se ele tivesse revelado as engrenagens de um grande e complexo relógio, as leis de Newton foram a chave para seu funcionamento.

Quando em um verão de quarentena, em meio a pandemia da peste bubônica longe da universidade, Newton não deixou de ter ideias incríveis. Ele começou a refletir sobre o porquê das coisas caírem em linha reta para baixo, e compreendeu que não estavam somente caindo, mas que havia uma força invisível (a gravidade) puxando. Pois bem...expandindo a ideia, será que não era essa mesma força que mantinha os planetas em órbita? Ou seja, assim como a gravidade estava puxando as coisas para baixo, ela também conservava (e ainda conserva) a Lua em sua órbita em torno da Terra e os planetas em torno do Sol, explicando por que não saem flutuando pelo espaço. Mas como assim? Bem, da mesma forma que “puxados” (atraídos) para baixo, a Lua está sendo atraída pela Terra e os planetas pelo Sol. Quanto maior a massa, maior a atração gravitacional. E ao longo dos vinte anos seguintes, Newton aprimorou suas ideias, formulando assim as leis da dinâmica, tratando da gravidade e do movimento.

No entanto, em suas observações começou a notar que aprimorando o telescópio e ampliando seu alcance, começou a notar algumas divergências nas imagens observadas, como aberrações cromáticas, por exemplo (aberração cromática é um fenômeno que ocorre quando as lentes do telescópio não conseguem focar diferentes cores no mesmo ponto, causando distorções na imagem). Foi quando começou a se interessar pela luz. Adquiriu um par de prismas e começou a observar o que acontecia ao colocá-los contra a luz e assim iniciou suas pesquisas sobre a natureza da luz e das cores. Ao utilizar um dos prismas para

dividir a luz nas cores do arco-íris e o outro para recombiná-las em luz branca, mostrou que a luz branca era constituída pelas cores do arco-íris.

A Teoria da Gravitação Universal Newtoniana estava feita. Newton não somente confirmava o sistema heliocêntrico como também aplicava diferentes situações físicas ao Sistema Solar possibilitando mais tarde avanços tecnológicos como lançamentos de satélites espaciais e até mesmo a viagem do homem à Lua.

Segundo a teoria de Newton, formulada a partir de conhecimentos estabelecidos e sedimentados ao longo dos anos (como já vimos), temos então a compreensão do funcionamento do Sistema Solar. No entanto, as ideias vão se aprimorando e naturalmente novas questões vão surgindo. Ao observar mais adiante, começaram a surgir problemas, como por exemplo a órbita de Urano que ao ser observada não concordava com a teoria, parecia ter mais alguma coisa interferindo em sua trajetória. Como assim? A teoria estaria errada? Pois bem, foi quando encontraram Netuno (que estava interferindo na órbita do seu vizinho).

Em meados do século XIX, o mesmo problema aconteceu com Mercúrio. Ao observarem o planeta, parecia haver um outro corpo celeste perturbando sua trajetória e assim como anteriormente, a busca por outro planeta (que deveria estar entre Mercúrio e o Sol) começou, e este foi até batizado com o nome de Vulcano. Mas esse planeta nunca foi encontrado: Ok, mas se não foi encontrado, então como explicaram esse fenômeno? Ou não explicaram e seguimos na dúvida até hoje?

É nesse contexto que surge Albert Einstein (1879-1955). Suas teorias desenvolvidas nos primeiros anos do século XX mudaram nosso entendimento das leis do universo, provocando uma reviravolta na ciência, transformando as noções sobre espaço, tempo, matéria, energia e luz.

No ano de 1905, Einstein publicou um artigo denominado “Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento”, o qual delineava a teoria da relatividade restrita, propondo que o espaço e o tempo seriam relativos ao observador. Como assim? Ele evidenciou que o motivo pelo qual sentimos espaço e tempo da mesma forma deve-se ao fato de que todos estamos nos movendo a velocidades não muito diferentes, uns em relação aos outros; e quando observadores começam a se mover em velocidades muito diferentes, as coisas começam a mudar em relação ao que conhecíamos até então. Veja bem, quando você está dentro de um carro a uma velocidade relativamente alta (sob nossa percepção cotidiana), as coisas lá fora parecem se mover diferente da velocidade sentida dentro do carro. E as coisas vão mudando conforme a velocidade aumenta, como um astronauta em uma espaçonave viajando próximo à velocidade da luz, o tempo passa mais devagar. E assim por diante, quanto mais próximo a velocidade da luz, menos o tempo passa. Ok, então se estou viajando exatamente na velocidade da luz, quer dizer que o tempo não passa? Pasmé, é isso mesmo! Porém, não passa somente em relação ao outro referencial, em relação a ele mesmo o tempo está passando (como uma espaçonave ao redor de um buraco negro e outra saindo da Terra, o tempo correrá desigual). Já assistiu Interestelar? Se não, assista!

Dessa forma, Einstein percebeu que nada pode ir mais rápido que a velocidade da luz e parecia tudo compreendido. Só que não. A teoria da relatividade restrita já possui um nome sugestivo: restrita. Ela funcionava somente para objetos que se moviam com uma velocidade constante, e não conseguia explicar quando mudavam de velocidade ou de direção devido à gravidade. Einstein trabalhou muito na questão por dez anos até chegar na versão final de 1915 (isso mesmo, dez anos depois!). Esta assegurava que a gravidade não era uma força, mas uma distorção no espaço-tempo, criada pela presença da massa. Ou seja, objetos com massa criam curvaturas no espaço-tempo, conseqüentemente, quanto

maior sua massa, maior a distorção. O que isso significa? Pois bem, de modo sucinto, Einstein via o espaço como um tecido que se deforma com a presença de massa.

A teoria causou estranheza na comunidade (compreensível, não?), mas poderia ser testada se conseguisse demonstrar a curvatura da luz de uma estrela, vista da Terra, ao passar nas proximidades do Sol. Ok, mas como vamos fazer isso se o Sol ofusca a luz das outras estrelas e a suposta curvatura só pode ser vista durante o dia? Pois bem, o único momento em que as estrelas podem ser vistas à luz do dia, é durante um eclipse solar.

Foi então quando em 1919 uma expedição foi realizada em dois locais de observação, um no Brasil (em Sobral), e outro na Ilha do Príncipe (na África). Em novembro, Eddington mostrou que uma estrela cuja luz passava muito próxima ao Sol, parecia ter mudado de posição (coincidindo com a previsão de Einstein). Ou seja, a luz estava se curvando por influência da gravidade. Assim como vimos anteriormente, o Sol deformando o tecido espaço-tempo, faz com que a luz sofra esse desvio (passando pela borda da curva) e consequentemente nos enganando sobre a real localização da estrela observada.

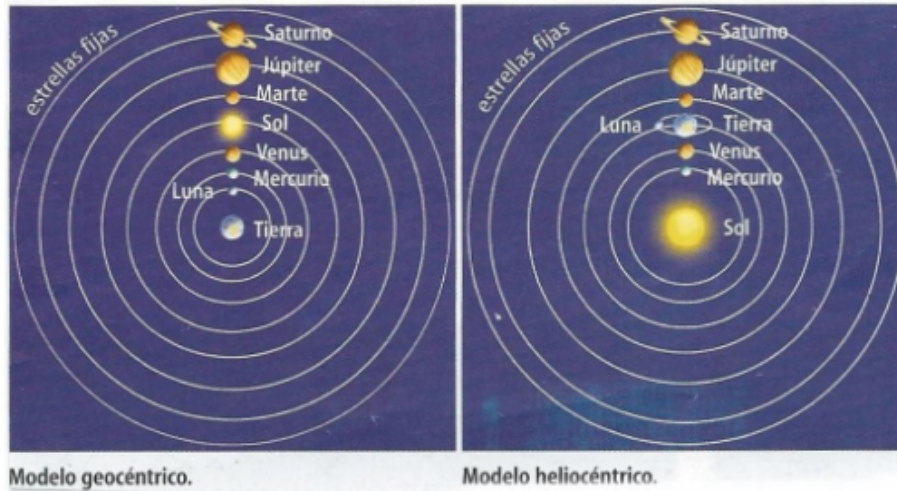
Ainda no contexto de Einstein, os estudos sobre as estrelas se expandiram e novos questionamentos foram surgindo. Passou-se a conhecer o que acontece com uma estrela ao longo dos anos. Será que ela vai ser sempre assim? Mas em algum momento surgiu, então não faz sentido ser sempre assim. Ou faz? Os cientistas começaram a notar que em alguns pontos do universo as estrelas realizavam movimentos rotacionais em torno de algo não visível. O que seria isso? Novas hipóteses começaram a ser elaboradas e surgiu o nome Buraco Negro. Mas não rápido assim, na verdade apenas muito recentemente, na década de 1990 é que as primeiras evidências de estrelas orbitando um Buraco Negro foram descobertas. Ok, como eu sei que existe um buraco negro? Por que acreditaria na sua existência? Se ele é negro é porque não têm luz, como detectamos então? Mais que isso, por que os cientistas e pensadores continuaram suas pesquisas ao longo de tantos e tantos anos e não desistiram?

Bem, é conversa para outra hora, até a próxima viagem!

Apresentação Eletrônica 1

Gravitação Clássica
um pouco da história da ciência

Os modelos cosmológicos...

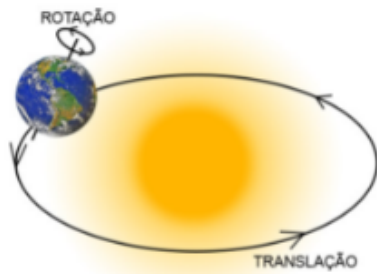


De Revolutionibus Orbium Coelestium

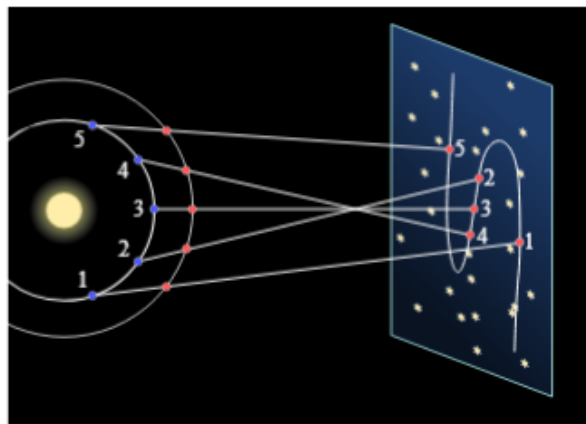


1543 - Ano de sua morte e publicação

Contribuições



E o movimento retrógrado dos planetas





Revolução Copernicana século XVII

O pai da ciência moderna



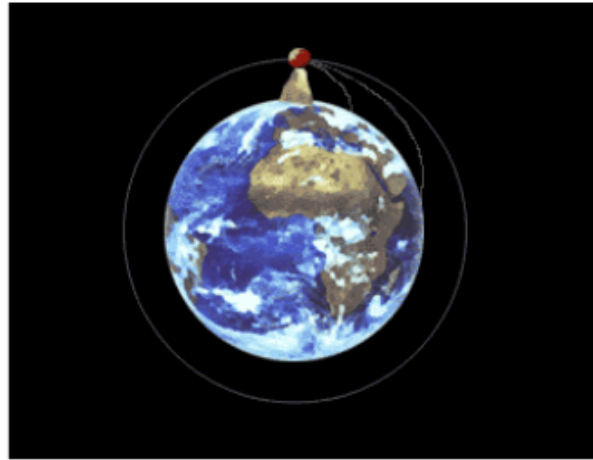


As luas galileanas



Galileu e o conceito de Inércia

Newton e a Gravidade



Newton e os Princípios da Dinâmica

1º Lei - Lei da Inércia

um corpo em repouso tende a permanecer em repouso e um corpo em movimento tende a permanecer em movimento até que uma força seja aplicada alterando seu estado de movimento

2º Lei - Princípio fundamental da Dinâmica

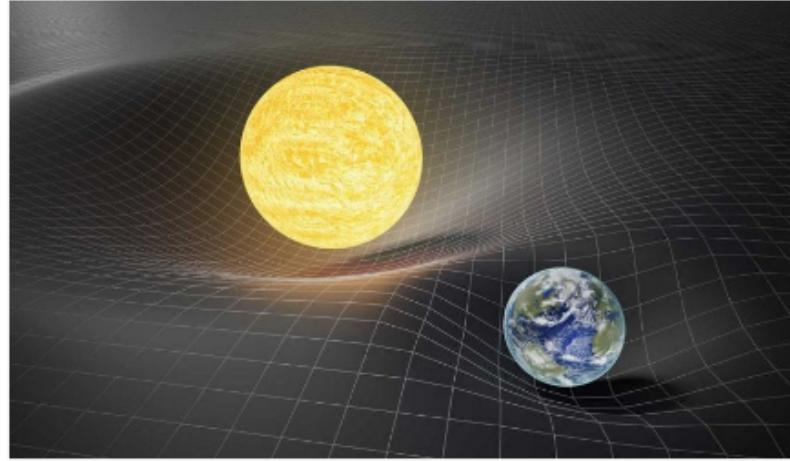
$$F = m \cdot a$$

3º Lei - Ação e Reação

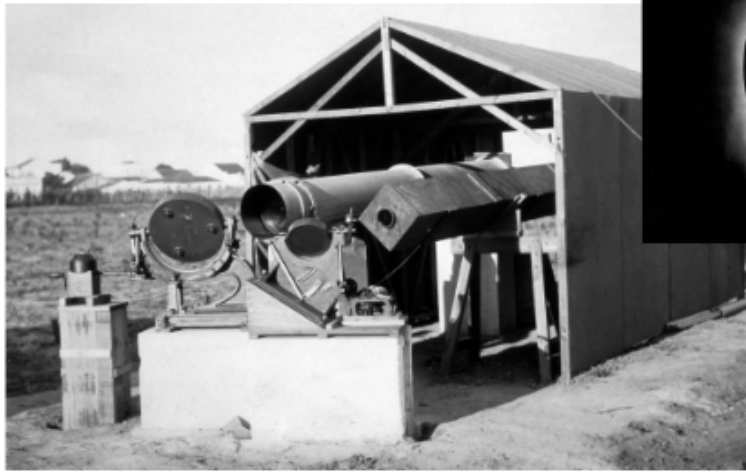
Se o corpo A aplicar uma força no corpo B, receberá deste uma força de mesma intensidade, direção e sentido contrário

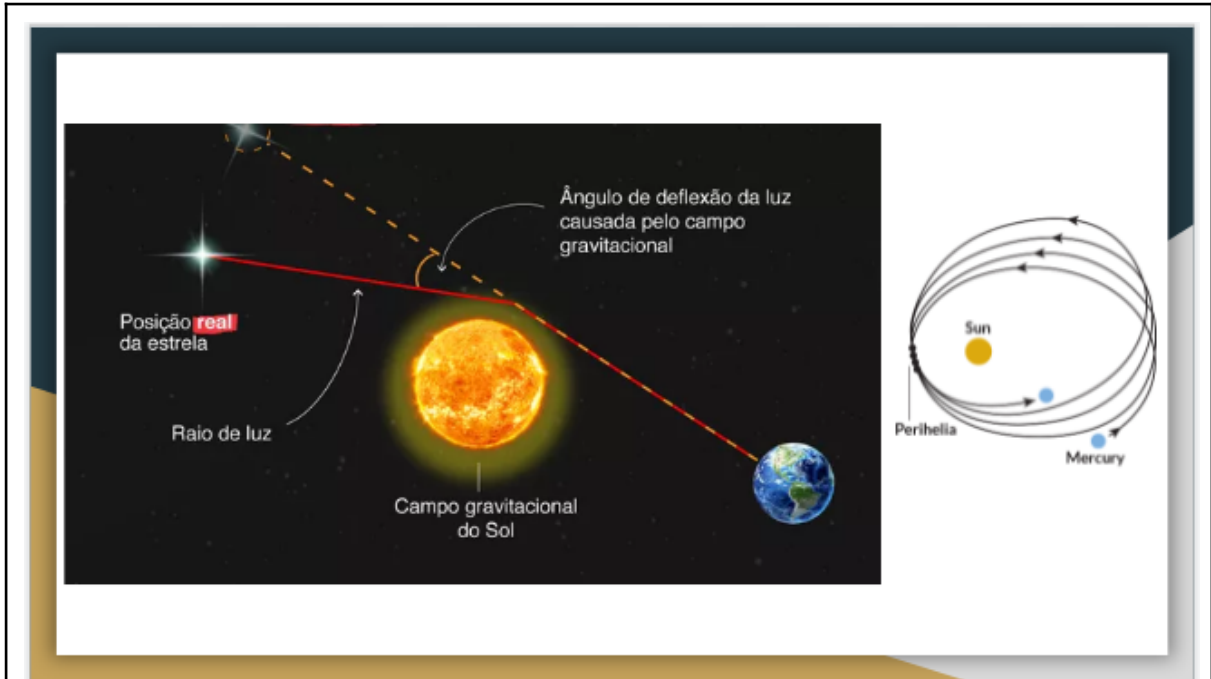


Einstein e a Gravidade



O eclipse





Texto 2

Estrelas e suas remanescentes

A Relatividade Geral de Einstein é uma das teorias de maior sucesso na história do desenvolvimento da ciência, e é associada a grandes modificações em conceitos fundamentais da física como o tempo, espaço, massa, energia, gravidade e luz. No entanto, as coisas não aconteceram num estalar de dedos. Albert Einstein publicou em 1905 a teoria da relatividade especial, e somente dez anos depois é que a TRG¹ foi publicada.

Como toda teoria científica, claro que a teoria da Relatividade Geral precisou ser testada para ter validade, seja por meio de cálculos ou experimental, ou ambos. De todo modo, precisou ser verificada. Dois grandes testes que satisfatoriamente também resolveram questões em aberto na academia foram a questão dos eclipses e o problema com a órbita de mercúrio.

Numa explicação sucinta, um eclipse solar ocorre quando a Lua se encontra entre o Sol e a Terra, ocultando total ou parcialmente a luz solar. Esse fenômeno nos ajudou a compreender como ocorre o desvio da luz emitida pelas estrelas. Em 1919 houve uma expedição astronômica com o objetivo de visualizar a partir de telescópios a curvatura que a luz de uma estrela distante realiza ao passar nas proximidades do Sol para chegar até nossos olhos. A teoria de Einstein afirmava que corpos massivos provocavam uma curvatura no tecido espaço-tempo (como uma bola de boliche em um lençol) e que a luz então realizaria esse desvio pela borda do tecido (imagine isso). A Lua está encobrindo o Sol, tornando possível observar uma estrela ao fundo. Ok, mas como assim? pois bem, o raio de luz emitido pela estrela em sua posição real viaja no espaço até chegar a nós, de modo que ao passar pelo Sol, o campo gravitacional da nossa estrela distorce o tecido

desviando a luz pela borda fazendo com que vejamos essa estrela numa posição aparente. Por isso o experimento precisou ser realizado durante o dia durante um eclipse solar, afinal a noite não vemos o sol (a Terra rotaciona e por isso temos dias e noites, certo?). De todo modo, a expedição foi um sucesso (não que tenha sido fácil), ao comparar o ângulo de desvio com os cálculos que Einstein havia realizado, a partir das imagens que obtiveram com as chapas fotográficas.

Pois bem, e Mercúrio? Sabemos que é o primeiro planeta nas proximidades do Sol e que até então não concordava muito bem com as leis de Kepler sobre seu movimento, não coincidia com as medições realizadas no final do séc. XIX. Satisfatoriamente foi explicado a partir das equações de Einstein também, que definem como a presença de um objeto deforma o espaço-tempo. Outras descobertas incríveis com relação a deformação do espaço-tempo previstas também pelas equações de Einstein são os buracos negros e as ondas gravitacionais, mas vamos com calma.

Contemporâneo de Einstein, Karl Schwarzschild foi um astrônomo e físico alemão que contribuiu grandemente com os estudos da Astrofísica. Schwarzschild tomou conhecimento dos trabalhos de Einstein e produziu artigos sobre a relatividade geral, solucionou equações que compreenderam a geometria do espaço próximo a uma massa pontual, ou seja, uma estrela poderia se tornar tão densa a ponto de deformar o tecido espaço-tempo de modo que nem a luz escaparia do objeto. De modo geral, o Raio de Schwarzschild é basicamente o raio que o corpo tem que ter para que nenhuma partícula ou radiação eletromagnética (como a luz) possa escapar dela. Ele delimita o raio do horizonte de eventos. O horizonte de eventos é essencialmente a fronteira ao redor de um buraco negro onde a força gravitacional é extremamente intensa a ponto de não deixar nem mesmo a luz escapar.

Vamos pensar sobre o que significa uma força gravitacional com esse nível de intensidade. Pois bem, aqui na Terra, a aceleração gravitacional é de aproximadamente $9,8\text{m/s}^2$, nos puxando para o centro, por isso não ficamos flutuando (pense nisso). Na Lua, em torno de $1,6\text{ m/s}^2$, o que explica os astronautas caminharem de forma diferente por lá, afinal, são “menos puxados” para o centro, pelo fato de a gravidade ser mais fraca lá. No caso de um buraco negro, não se consegue nem chegar perto, imagine caminhar. Então o que aconteceria se um astronauta chegasse perto? Bem, ele seria esticado (fenômeno conhecido como espaguetificação) por conta do campo gravitacional extremamente forte, sendo puxado para seu interior e não teria a oportunidade de voltar para nos contar qual a sensação. Por isso ainda não conhecemos o interior de um buraco negro. Aceitaria ser voluntário?

Eu sei, é muita informação. Leia novamente o parágrafo anterior caso necessário, tome fôlego e vamos lá. Pois bem, a definição de Buraco Negro foi apresentada por John Wheeler, um físico teórico estadunidense. Ele buscava descrever o estado final do colapso gravitacional de uma estrela massiva; o que isso quer dizer? Vamos do início. Dizemos que uma estrela está “viva” enquanto ocorrem reações termonucleares em seu interior, queimando elementos simples, como hidrogênio e hélio, por exemplo, gerando energia e

balanceando a atração gravitacional, permanecendo vivas e brilhantes, como o Sol iluminando nossos dias.

Enquanto toda essa energia em forma de calor mantém a pressão interna do astro estiver equilibrada com a força gravitacional, a força interna e externa estarão em equilíbrio e assim o processo continua por um longo período (bilhões de anos), mas quando a fusão nuclear não é mais energeticamente favorável, ou seja, começam ser queimados elementos mais pesados (como carbono, por exemplo) tendendo ao colapso da estrela. Então o Sol vai explodir? Sim, mas ainda vai demorar, a previsão para isso é de alguns bilhões de anos, talvez nossa espécie já nem exista mais.

Os possíveis fins de uma estrela dependem de algumas variáveis, como por exemplo a massa da estrela. Uma estrela como o Sol morre como uma anã branca, uma esfera “fria” de volume comparável ao da Terra, compacta que não realiza mais fusão nuclear. Já estrelas mais pesadas, entre 10 e 29 massas solares, terminam como estrelas de nêutrons, as menores e mais densas estrelas que se tem conhecimento; uma colher de chá de uma estrela de nêutrons teria a massa de uma montanha na Terra. Imagine isso. As estrelas de nêutrons em órbita perdem energia que são carregadas em ondas gravitacionais, essa perda de energia era exatamente o que Einstein previu em sua teoria da gravitação.

Wheeler estava então em busca de um termo que descrevesse a morte definitiva de uma estrela, quando ela deixa realmente de ser uma estrela. Quando em 1967, durante uma conferência, veio então a menção ao termo “buraco negro”, que de modo sucinto descreve quando o material estelar é suficientemente comprimido, as curvas no espaço-tempo em torno da massa em colapso ficam tão avantajadas que até a luz pode ser capturada em sua órbita. Ok, se não vemos o buraco negro, como sabemos que ele está lá? Pois bem, pensando na imagem de um buraco negro, o que vemos é um disco de acreção, basicamente um anel de gás e poeira que gira em torno do buraco negro. Ou seja, não vemos o buraco negro, mas sim o efeito que o espaço-tempo curvo tem sobre a matéria. No dia 10 de abril de 2019 a primeira imagem de um buraco negro (se ainda não viu, pesquise) supermassivo foi divulgada, com uma massa de 6,5 bilhões de vezes a massa do Sol, imagine isso! Surreal! Localizado no centro da galáxia M87 a 53,5 milhões de anos-luz da Terra, logo ali. Importante ressaltar que não é apenas uma imagem, pense quantos anos levou para que tivéssemos subsídios para obter a captura de um fenômeno tão incrível que um dia foi inimaginável! A primeira vez que nossa espécie presencia a imagem de um dos objetos mais extraordinários do universo. Levando em conta apenas esse projeto que contou com mais de 200 pesquisadores, lembrando dos grandes nomes que vimos na leitura anterior, Copérnico, Galileu, Newton, Einstein e muitos outros.

No entanto, quando um buraco negro orbita em torno de outro, gera perturbação no tecido espaço-tempo e conseqüentemente lança ondas na velocidade da luz, transportando energia para longe, podendo ser detectada aqui da Terra. Essas ondas são conhecidas como ondas gravitacionais, e felizmente com a tecnologia que temos hoje é possível detectar utilizando um equipamento chamado interferômetro.

Resumidamente, um objeto compacto simplesmente parado em algum lugar do universo não emite ondas gravitacionais, as massas concentradas ali têm de acelerar, se movimentar para transmitir energia, gerando perturbações no tecido espaço-tempo. Como sistemas binários, por exemplo, arranhando o espaço-tempo.

Veja o quanto aprendemos e conhecemos sobre o universo além do que nos cerca. As estrelas estão lá, as galáxias estão lá, os buracos negros, quasares, e por que não estudá-los? Eles existem. E a nossa espécie um tanto curiosa busca compreender questões que ainda nem conseguimos responder, ainda há muita coisa, muitas questões em aberto na ciência. É importante questionar, é interessante buscar entender o que está a nossa volta (mesmo que muito longe). Ou talvez o que há no interior de um buraco negro ou o que havia antes do Big Bang? Pois bem, nos vemos no próximo texto, até lá!

Apresentação Eletrônica 2



Estrelas,
remanescentes e a
Teoria da Relatividade
Geral

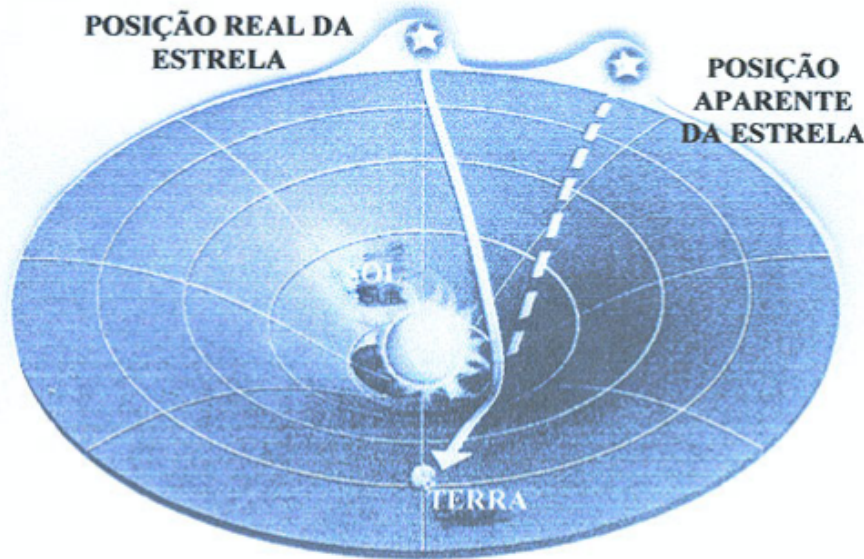


O
s
e
c
l
i
p
s
e
s
...



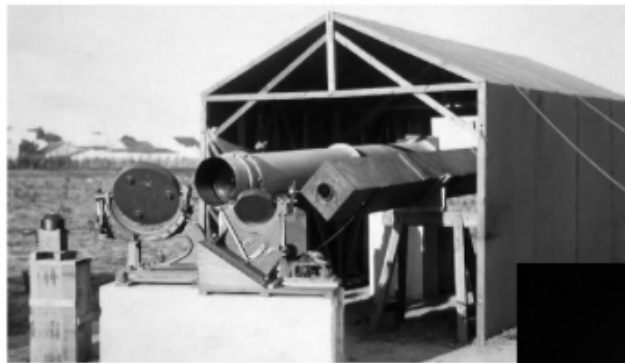
POSIÇÃO REAL DA ESTRELA

POSIÇÃO APARENTE DA ESTRELA





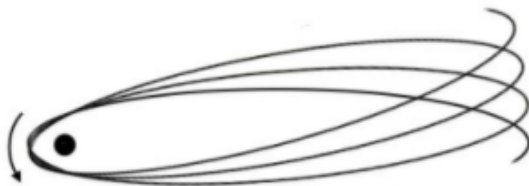
Equipes brasileira, britânica e norte-americana em Sobral



A órbita de Mercúrio

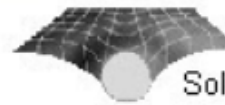


órbita newtoniana

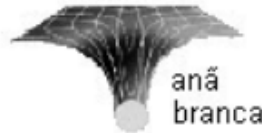


órbita observada

O raio de Schwarzschild



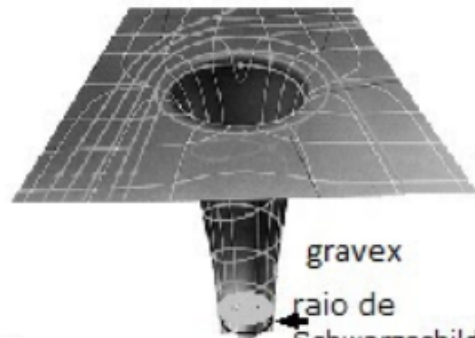
Sol



anã
branca



estrela de
nêutrons

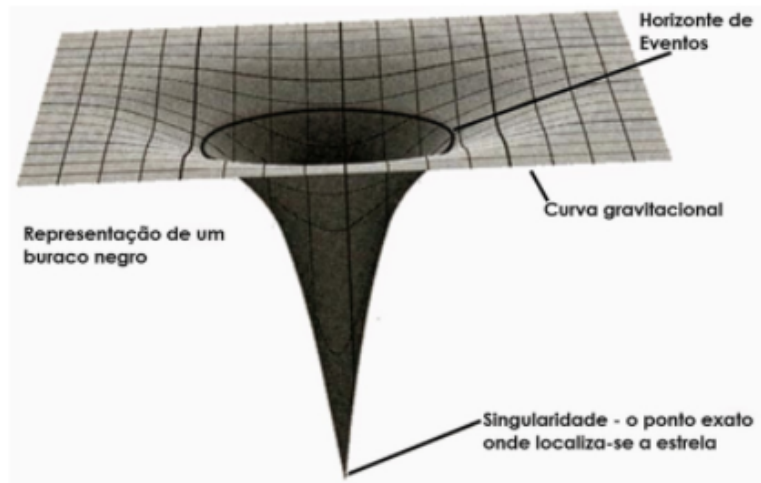


gravex

raio de
Schwarzschild

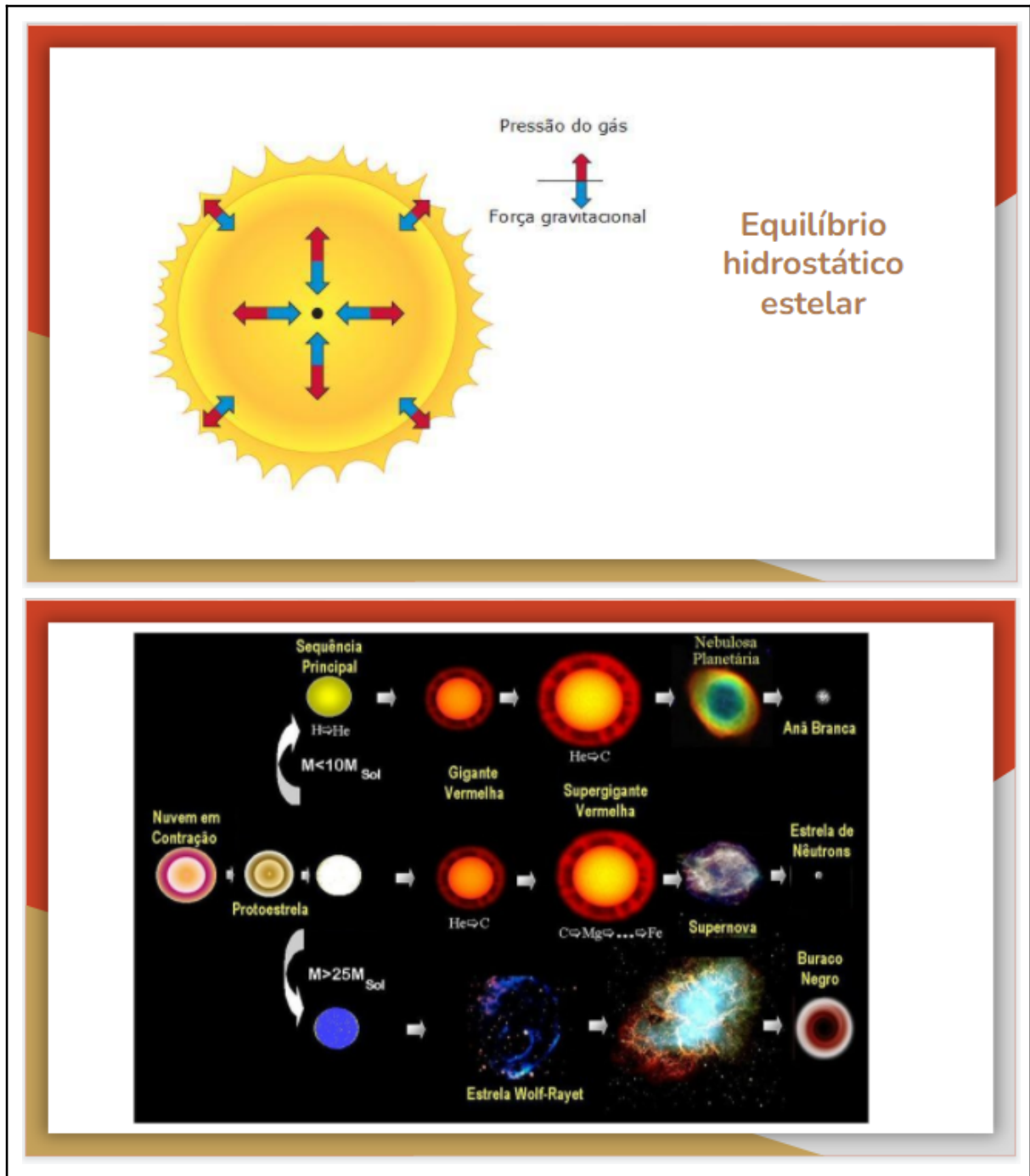
$$R_S = \frac{2GM}{c^2}$$

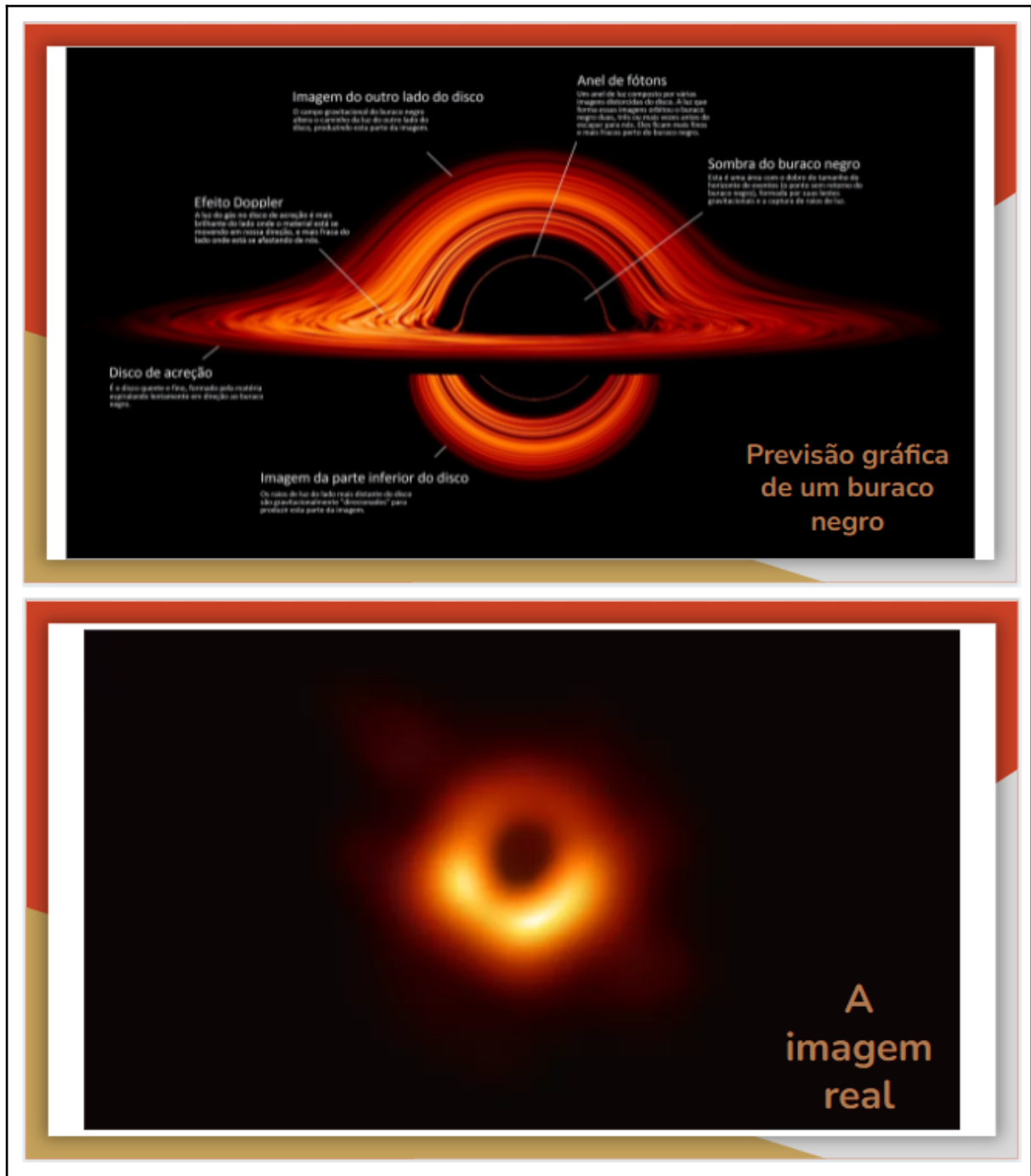
Buraco Negro



Espaguetificação







Texto 3

Vida longa e próspera

Sinto informar mas o que houve antes do Big Bang e o que há no interior de um buraco negro ainda são questões em aberto, fica aí a dica caso queira se aventurar nos estudos em questão, só não indico muito partir em uma viagem de exploração interna de um buraco negro, melhor fazer isso de longe.

De todo modo, as questões do tipo para que estudamos o que está fora da Terra e porque investimos recursos nessas pesquisas são simples de responder. Um dos capítulos

mais conhecidos da Guerra Fria foi a corrida espacial, quando entre os anos de 1957 e 1975 houve uma intensa exploração do espaço por americanos e soviéticos. Foi nessa época que Neil Armstrong pisou na Lua (mais precisamente em 1969). Os estudos intensos sobre o espaço também lançaram o primeiro satélite artificial a orbitar a Terra, o Sputnik 1. E enfim, depois disso só alegria (mas nem tanto). Foram essas pesquisas que deram subsídios a, por exemplo, hoje você ter tecnologia de ponta, uma internet funcionando, a evolução dos computadores ou até mesmo conseguir localizar sua casa no google maps. A desinformação pode nos fazer acreditar que é “dinheiro jogado fora”. Veja, muitas pesquisas que um dia foram inimagináveis.

Astrofísica e outros campos de estudos relacionados, são áreas de estudos que pesquisam questões que podem ou não afetar diretamente a sociedade. Compreender as Leis de Newton nos levou à Lua e lança satélites e naves espaciais até hoje, mas como vimos, as coisas foram avançando e a ciência se aprimorou. Mas será que Newton imaginou isso quando estava no empenho de seus trabalhos? Hoje temos conhecimento além da órbita da Terra, assim como rover explorando Marte..

Sáímos de uma Terra no centro do universo, passamos por um Sol no centro do universo e hoje estudamos o universo em expansão, sem um centro determinado. Essas teorias estavam erradas? Não totalmente, era o melhor que tínhamos no momento e nos deu subsídios para chegarmos onde chegamos. A ciência funciona assim, não se sabe sobre tudo, ainda temos muito o que avançar, mas quanto mais conhecemos, mais fascinante fica nossa história.

Compreender melhor o que nos rodeia, expandir o universo de conhecimento não precisa ser sobre apenas o que interfere diretamente no nosso cotidiano, mas sim compreender além do que podemos enxergar e apalpar.

Considerações mais recentes e pesquisas na área sobre buracos negros e a detecção de ondas gravitacionais foram potencializadas há pouco tempo (pouco tempo não quer dizer ano passado, mas nas últimas décadas) quando por volta de 1968 Jocelyn Bell descobriu os pulsares, nos permitindo compreender melhor sobre estrelas de nêutrons e seus possíveis colapsos podendo gerar ondas gravitacionais. No entanto, a detecção de ondas gravitacionais é uma pesquisa recente, e esses fenômenos (colisões de estrelas de nêutrons, por exemplo, que geram ondas gravitacionais) ocorrem a uma distância enorme da Terra (falaremos a seguir). Ah! também levando em conta a precisão em que os interferômetros precisam estar operando para detectar as ondulações no tecido espaço-tempo, necessitando de alguns anos de aprimoramento; ficará mais claro ao longo da leitura.

A primeira ideia de um interferômetro gravitacional surgiu por volta de 1968/1969 por Rainer Weiss, físico estadunidense, enquanto ministrava uma aula sobre a relatividade geral. Rai não lidava muito bem com a matemática, então partia para o que sabia, a experimentação, o que chamou atenção dos alunos pelo fato de que o uso de experimentos não era muito comum no curso de relatividade geral. Ao discutir sobre ondas gravitacionais veio à tona a ideia de usar espelhos para construir um instrumento para trabalhar

interferometria laser (falaremos mais a frente sobre como funciona, tenha calma). Ele construiu um pequeno protótipo em formato de L com braços de 1,5 m, que não tinha a sensibilidade necessária para detectar qualquer mudança no espaço-tempo; bem, a ideia já existia, agora faltava aprimorar.

Podemos dizer que o LIGO (Observatório de Ondas Gravitacionais por Interferômetro Laser) foi inventado naquela aula, mas a concretização do projeto ocorreu somente em 1992, por Kip Thorne, Ronald Drever e Rainer Weiss. A primeira detecção de ondas gravitacionais foi anunciada em fevereiro de 2016 a partir da colisão de dois buracos negros com cerca de 30 massas solares a 1,2 bilhão de anos da Terra. Longe né? Outra fusão detectada em julho de 2017 ocorreu a 9 bilhões de anos-luz da Terra, com buracos negros cerca de 34 e 50 vezes a massa do sol. Em 2018 os detectores localizados em Washington, Louisiana e Itália haviam detectado um total de 11 eventos com ondas gravitacionais. Imagine como esse fenômeno é violento a ponto de viajar 9 bilhões de anos-luz e ser detectado aqui da Terra. Sensacional, não?

Claro que as coisas não param por aí, em outubro de 2017 o Prêmio Nobel de Física foi concedido às três mentes citadas anteriormente e o motivo já sabemos. Veja o tempo que levou para o desenvolvimento do interferômetro e a necessidade e importância de outras mentes trabalhando juntas em diferentes universidades; sem contar os envolvidos que nem são citados. Ainda há muita pesquisa em atividade, o LIGO começou construir outro observatório de ondas gravitacionais na Índia previsto para entrar em operação em 2025 que irá utilizar de uma tecnologia mais avançada ainda para melhorar a detecção de ondulações no espaço-tempo. Um dado importante é que cada braço do LIGO possui 4 km de comprimento, um pouquinho maior que o primeiro protótipo de 1,5 m né? Pesquise imagens.

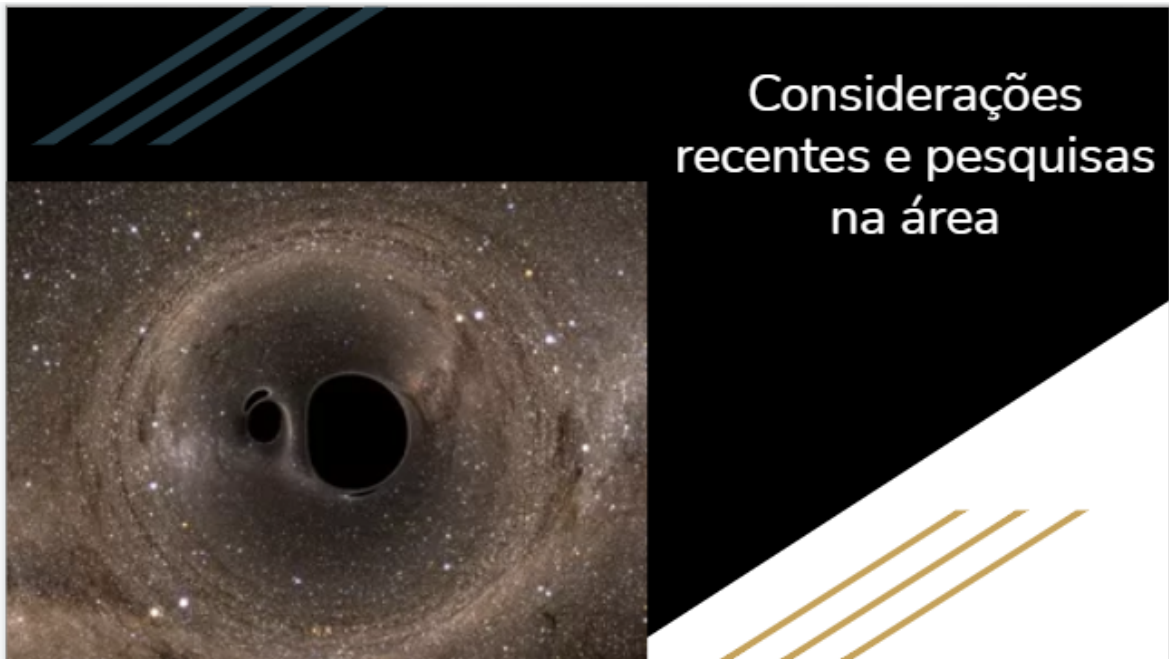
Outro interferômetro em operação é o Virgo, fundado em 1993 com sede na Itália. Este é um pouquinho menor, com 3 km cada braço. Desde 2007 os dois interferômetros operam em conjunto, dois é melhor que um né? Quanto mais instrumentos em operação, maior a chance de detecção e verificação do sinal e determinar sua origem. Isso além da sensibilidade de cada detector, afinal quanto mais sensível maiores as chances, não é mesmo?

Ok, falamos sobre interferômetro laser, mas até agora não sabemos como funciona. O que são esses braços que foram mencionados por aqui? Então vamos lá. De modo simplificado, os instrumentos utilizam de propriedades físicas da luz e do espaço para detectar as ondas gravitacionais. De que modo isso acontece? Bem, como já mencionado anteriormente, os interferômetros LIGO e Virgo consistem em dois instrumentos chamados de braços, basicamente um grande L. Os do LIGO possuem 4 km e os do Virgo, 3 km. Em cada braço desse possui um espelho em sua extremidade, que reflete um feixe de laser emitido na origem dos braços. Quando uma onda gravitacional chega, o alongamento do espaço atinge diretamente os braços do interferômetro, fazendo com que eles também se comprimam ou se alonguem, o que pode ocorrer de modo diferente para cada braço. Como eles alteram o comprimento, os feixes de laser viajam distâncias diferentes nos braços,

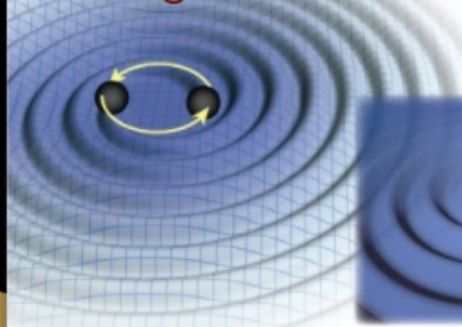
causando interferência em um detector por onde os feixes são comparados. Claro que isso não é perceptível facilmente, por isso a precisão do aparato, ele precisa ser muito sensível e isolado de questões ambientais.

É fascinante pensar de onde saímos, onde estamos e onde podemos chegar, coisas que um dia foram inimagináveis e estão sendo construídas e detectadas. Uma teoria publicada em 1916 é confirmada ainda hoje. Imagine quantos Nobéis Albert Einstein teria ganhado se estivesse vivo? Ele ganhou um e forneceu ferramentas para que descobertas fossem proporcionadas, resultando em novas descobertas (e novos prêmios), novas mentes inquietadoras. São pesquisas desenvolvidas por pessoas inseridas num contexto histórico e social muitas vezes trabalhando desde um ambiente pouco apropriado até o mais apropriado possível. Isso nos mostra a necessidade e importância de investimento em ciência, ela é que nos faz crescer e compreender a natureza que nos cerca, ainda tem muita coisa por aí para ser estudada, pense na imensidão do universo, será que um dia saberemos o que há no interior de um buraco negro e o que havia antes do Big Bang? Bem, partimos de uma ideia básica de gravidade e hoje temos a primeira imagem de um buraco negro detectada, e ainda tem muito por vir. Espero que você tenha gostado da viagem, vida longa e próspera.

Apresentação Eletrônica 3



Ondas gravitacionais



A colisão entre ambos cria ondas no espaço-tempo, como um peso que deforma uma rede

Fontes: LIGO/Caltech/

Ondas gravitacionais

Prêmio Princesa das Astúrias de Pesquisa Científica e Técnica atribuído aos físicos americanos Rainer Weiss, Kip Thorne e Barry Barish além do grupo LIGO, por detectar as ondas gravitacionais previstas por Albert Einstein em 1915

3ª observação

4 de janeiro de 2017

Nome: GW170104

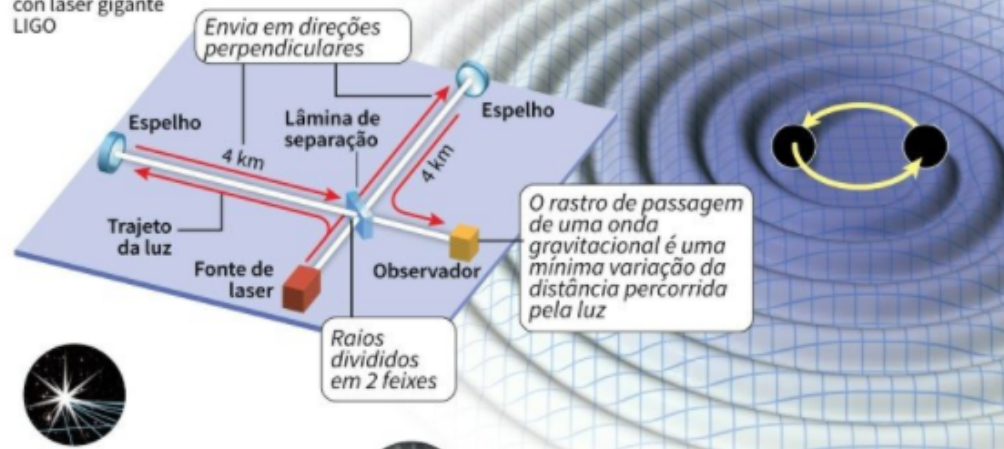
Dois buracos negros giram ao redor um do outro. Distância: cerca de 3 bilhões de anos-luz da Terra

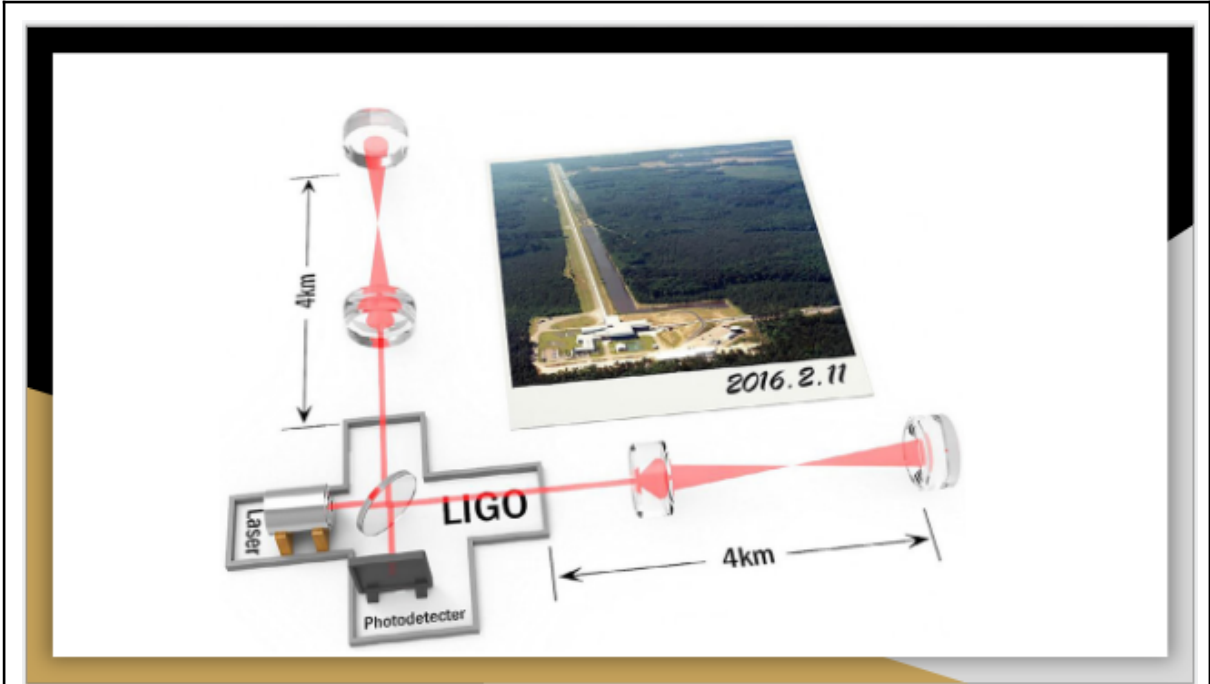
Essas ondulações são as ondas gravitacionais. A fusão cria um novo buraco negro de até 49 vezes a massa do Sol

Interferômetro

A detecção

Interferômetro con laser gigante LIGO







Ainda temos muito o que descobrir nesse universo em expansão, imagine se não tivéssemos saído da caverna?

Espero que tenham gostado da viagem
Vida longa e próspera!

Sugestões complementares

Recurso	Descrição
Filme “Interestelar”	Evidencia a passagem do tempo com relação a diferentes referenciais
Filme “O primeiro Homem”	Retratar as dificuldades e proveitos da ciência
Documentário “Buracos Negros: No	Esclarecer como a ciência se desenvolve,

Limite do Conhecimento ”	seus obstáculos e conquistas ao longo de anos de trabalho. O envolvimento de cientistas diversos e a desmistificação do cientista maluco.
Experimento Lençol com objetos massivos	Simular a distorção do tecido
Cálculo do raio de Schwarzschild	Utilizando a seguinte fórmula : $Rs=2GM/c^2$ retratar de forma palpável o raio característico associado à extensão do horizonte de eventos. Explorar a imaginação com relação a que objeto utilizar para o cálculo.
Elaboração de Vídeo/Podcast/animação/peça de teatro/outros	Proposta de um projeto de criação de recursos visuais, midiáticos ou outros; como atividade realizada pelos alunos a partir da leitura dos textos.

ANEXO A - Respostas completas do questionário

	PROFESSOR A
Questão	Resposta
Em qual série do Ensino médio você atua?	Atuo no 1º, 2º e 3º ano do médio. Além disso, no 9º ano do fundamental II.
Tempo de atuação no Ensino médio	Trabalho com ensino médio desde o final de 2016, mas com interrupções (devido ao mestrado). Na escola, direto, desde o início de 2020.
Você implementaria essa proposta junto aos seus alunos? Em quais turmas você acha que seria mais interessante trabalhar o tema proposto?	Ainda que acredite que isso seja relativo, visto que o não é apenas o material "em si" mas este de posse das metodologias do professor que o fará efetivo em sala, entendo que deveria ser no terceiro ano do ensino médio. Não por acreditar que outras turmas "não estariam prontas" mas pelo gênero que se escolhe: texto. Mesmo os textos sendo bem acessíveis, se considerarmos como o ensino médio se organiza hoje,

	<p>eu penso que a dinâmica de ter um texto em mãos para ler e tecer análises ou fazer debates se encaixa melhor no final do ensino médio. Mas reforço, mais uma vez, que isso é relativo.</p>
<p>O que você achou da construção dos textos? Está em linguagem adequada? Alguma sugestão?</p>	<p>Sim, acredito que sim. Mesmo que isso também dependa muito do leitor, eu entendo que os textos podem, em algum nível, desafiar ou "desestabilizar" fazendo com que os estudantes se engajem. Acredito que o texto está dinâmico, com um estilo que favorece o diálogo.</p>
<p>O que você mudaria no material para uma implementação junto às suas turmas?</p>	<p>Apenas colocaria imagens. Eu entendi a proposta junto aos slides, mas penso que como você cita vários períodos, nomes e "objetos da física", poderia inserir imagens que ajudam a condução do leitor.</p>
<p>Seus alunos costumam trazer questionamentos sobre física moderna para a sala de aula? Se sim, como você costuma abordá-los?</p>	<p>Sim, costumam. Muitas vezes baseado em vídeos curtos que eles viram no youtube ou tik tok. Até aí, não tenho nenhum preconceito, pois é a forma como eles acessam esses questionamentos e eu adoro quando eles trazem para a sala de aula. Normalmente, não importa que assunto eu esteja discutindo, quando uma pergunta dessas vem, eu simplesmente páro a aula para dedicarmos tempo em discutí-la. Além disso, sempre tento puxar essas discussões quando ensino outros temas (afinal de contas não teria outro jeito para superar o tédio monstruoso que é, às vezes, ensinar por exemplo cinemática falando de bloquinhos).</p>
<p>Você acha importante trazer tópicos de física moderna para o ensino médio? Justifique.</p>	<p>Sim. Não preciso seguir a idéia de "vamos ensinar a física do século XX antes que ele acabe" pois acredito que temos motivos melhores (e menos fatalistas) que esse. A importância de discutir esses tópicos não é só de ensinar "coisas" que estão sendo produzidas e explicadas em tempos mais recentes, mas sim discutir a dimensão cultural, histórica e filosófica da física; ou seja, respeitar melhor essa senhora de 300 anos. Qualquer período de tempo, dado os condicionantes iniciais, podem ser tomados como análise da ciência produzida na época. No entanto, acredito que o que se considera física moderna, tem inúmeras discussões controversas, debates recentes e impactos que podem ajudar inclusive a combater charlatanismos. Afinal de contas, encontramos os criminosos "coach quânticos" e toda a parafernália mística que os acompanha. Do meu ponto de vista, se a educação em ciências almeja "desencapsular" os conteúdos e contribuir para a</p>

	justiça social, ensinar física moderna deve ser obrigação e não escolha.
O que você acha sobre trabalhar os conteúdos a partir de uma abordagem da natureza da ciência? De que modo seria impactado esse conhecimento mais abrangente na vida dos alunos com relação a atividade científica?	Entendo que minha resposta à pergunta anterior acaba também respondendo essa mas acredito que o grande ganho de se trabalhar com NdC (ou com o que se entende por HFC) é abordar a ciência como uma construção humana, imbuída em controvérsias e não em certezas plenas e produzida culturalmente.

	PROFESSOR B
Questão	Resposta
Em qual série do Ensino médio você atua?	Nas três séries
Tempo de atuação no Ensino médio	2 anos
Você implementaria essa proposta junto aos seus alunos? Em quais turmas você acha que seria mais interessante trabalhar o tema proposto?	Sim, eu implementaria essa proposta. Já costumo trabalhar com parte do conteúdo nos primeiros anos (geocentrismo x heliocentrismo; revolução científica; gravitação universal, relatividade restrita) e outra parte nos segundos anos (ciclo estelar e buracos negro). Logo, penso que eu implementaria a proposta nos primeiros ou segundos anos. Seria uma bela forma de “apresentar” a Física para os alunos recém-chegados no ensino médio.
O que você achou da construção dos textos? Está em linguagem adequada? Alguma sugestão?	Penso que os textos estão bem escritos, sintetizados e em linguagem acessível aos alunos de ensino médio.
O que você mudaria no material para uma implementação junto às suas turmas?	Sugiro que o nome de Katie Bouman seja inserido quando o texto aborda a foto do buraco negro, para que o material didático não esconda, como tantos outros, o papel da mulher na história da ciência, principalmente na história recente. No mais, penso que não mudaria nada.
Seus alunos costumam trazer questionamentos sobre física moderna para a sala de aula? Se	Sim, é comum que alunos tragam questões sobre física moderna. Boa parte dessas questões os alunos têm contato em canais de divulgação científica via redes

<p>sim, como você costuma abordá-los?</p>	<p>sociais. Penso que é importante discutir com o aluno sobre a temática de modo que toda a turma tenha acesso à discussão. Instigar esses alunos que apresentam mais afinidades com a Física. Outro ponto que percebo é que é comum os alunos trazerem questões sobre ciência de fronteira (teoria das cordas, universos paralelos, o que tinha antes do Big Bang, entre outros). Esse é um momento fértil para o professor discutir aspectos de ciência da natureza, como predição, experimento, verificação e tal. Portanto, é fundamental que o professor esteja familiarizado com a física moderna e atento às questões de ponta de física para que possa, a partir dos alunos, enriquecer suas aulas.</p>
<p>Você acha importante trazer tópicos de física moderna para o ensino médio? Justifique.</p>	<p>Física moderna no ensino médio deve ser regra e não exceção. Como discutiremos a física atual, ou até mesmo a física cotidiana, sem abordarmos a física do século XX. É essa a ciência que se desenvolve, que acontece, que apresenta lacunas e que faz novas descobertas (esclareço que falo de física moderna e contemporânea, a depender do entendimento das nomenclaturas). Já se defende, na academia, o ensino de física apenas com física moderna. Eu sou do povo que gosta da história da ciência, principalmente para trabalhar epistemologia da ciência. O que não concordo é que se ensine somente as descobertas da física que aconteceram até o final do século XIX. O material didático produzido nos dá tanta coisa para ensinar e a relatividade é uma das duas grandes teorias da física atualmente. O professor de física já estará bastante ocupado ao ensinar tópicos de relatividade e física quântica.</p>
<p>O que você acha sobre trabalhar os conteúdos a partir de uma abordagem da natureza da ciência? De que modo seria impactado esse conhecimento mais abrangente na vida dos alunos com relação a atividade científica?</p>	<p>Defendo que trabalhar aspectos da natureza da ciência é importante em qualquer temática que o professor desenvolverá. O desenvolvimento da atividade científica, aspectos históricos, sociais, políticos, econômicos e culturais, são tão relevantes para a formação dos alunos quanto qualquer conceito, fenômeno ou teoria. Eu poderia indicar outros pontos importantes do ensino de física via natureza da ciência, mas nesse momento me sinto na obrigação de destacar o combate ao negacionismo científico. Passamos do momento em que o negacionismo nos produz ativistas terraplanistas, pseudociências que objetivamente visam enganar, lucrar, os desavisados e chegamos no ponto que em os negacionistas chegaram</p>

	<p>no mais alto escalão do governo federal, culminando diretamente da morte de centenas de milhares de pessoas durante uma das maiores pandemias mundiais. Entendo que ensinar como a ciência se desenvolve atualmente, como produz conhecimento, como publica seus resultados, revisão por pares, às cegas, também é peça chave no combate ao negacionismo. Os professores de física têm o dever de fazer das suas aulas um espaço de ensino de ciência que combata o negacionismo científico. Para isso, é importante assumir sua responsabilidade social. Dar aula de física demanda posicionamento e ações políticas.</p>
--	---

	PROFESSOR C
Questão	Resposta
Em qual série do Ensino médio você atua?	Segundo e terceiro ano.
Tempo de atuação no Ensino médio	11 anos
Você implementaria essa proposta junto aos seus alunos? Em quais turmas você acha que seria mais interessante trabalhar o tema proposto?	Sim, aplicaria no terceiro ano.
O que você achou da construção dos textos? Está em linguagem adequada? Alguma sugestão?	Achei interessante e útil, a linguagem está acessível e sem sugestões.
O que você mudaria no material para uma implementação junto às suas turmas?	A princípio sem mudanças, provavelmente tenha que ser feita alguma alteração após a aplicação. Mas só colocando em prática.
Seus alunos costumam trazer questionamentos sobre física moderna para a sala de aula? Se sim, como você costuma abordá-los?	Sim, o tema é abordado pois é um conteúdo mínimo que deve ser trabalhado/desenvolvido no ensino médio. Mas o tema sempre aparece em alguma curiosidade, dúvida ou até mesmo para explicar um aparelho, é nesse momento que explico e converso com meus alunos.
Você acha importante trazer	Sim, pois nossa vida gira ao redor desse tema, os

tópicos de física moderna para o ensino médio? Justifique.	alunos devem saber que as novas tecnologias que surgem e eles utilizam são resultados de pesquisa que saem da física moderna.
O que você acha sobre trabalhar os conteúdos a partir de uma abordagem da natureza da ciência? De que modo seria impactado esse conhecimento mais abrangente na vida dos alunos com relação a atividade científica?	É o ideal e a tendência para o futuro. Serve para o aluno entender que a ciência é uma só e não pode ser dividida ou separada.

	PROFESSOR D
Questão	Resposta
Em qual série do Ensino médio você atua?	Primeiros e segundos anos
Tempo de atuação no Ensino médio	3 meses
Você implementaria essa proposta junto aos seus alunos? Em quais turmas você acha que seria mais interessante trabalhar o tema proposto?	Sim, certamente. Acredito que no segundo ano, como já proposto no material, está mais do que adequado para ser aplicado.
O que você achou da construção dos textos? Está em linguagem adequada? Alguma sugestão?	A construção está ótima, acredito que a linguagem adotada é muito boa. Além de estar clara e objetiva, existem algumas "falas" no meio do texto que fazem com que o estudante (adolescente) sinta mais facilidade para continuar a leitura.
O que você mudaria no material para uma implementação junto às suas turmas?	Levando em consideração o pouco tempo em sala de aula no ensino médio, pois desde a minha formatura atuei por mais tempo no ensino fundamental, acredito que os textos podem estar um pouco longos para serem trabalhados com "antecedência", principalmente no que se refere a este momento (ainda) pandêmico. Percebi bastante resistência dos estudantes em realizar tarefas no tempo casa, então um texto "extenso" (não é mas, por eles, seria considerado) remeteria algumas dificuldades em ser lido antes das aulas. Talvez uns recortes do texto junto

	<p>a uma conversa em sala de aula, dentro da realidade em que me encontro, seja mais viável para conseguir implementar esse conteúdo tão interessante, junto aos estudantes.</p>
<p>Seus alunos costumam trazer questionamentos sobre física moderna para a sala de aula? Se sim, como você costuma abordá-los?</p>	<p>Sim, alguns alunos sempre acabam fazendo uma pergunta ou outra, sobre física moderna. Eu curto bastante quando isso acontece, sempre paro a aula (principalmente porque, na minha vida docente, a maior parte das perguntas sobre física moderna vieram dos estudantes do ensino fundamental, eles são mais curiosos e têm mais dúvidas, principalmente na hora de abordar o surgimento do Universo lá no sexto ano), converso com eles utilizando a linguagem mais adequada possível, dentro das possibilidades da turma, explico o que eles perguntam, geralmente já adianto uma ou outra curiosidade que possa estar ligada a pergunta original e, confirmo com toda a turma, até que todos tenham entendido a pergunta feita por um dos colegas e o que isso significa dentro da ciência.</p>
<p>Você acha importante trazer tópicos de física moderna para o ensino médio? Justifique.</p>	<p>Extremamente importante. Nós já estamos no século XXI e a física do século XX ainda não foi implementada de forma adequada dentro do currículo. Por mais que existam professores que falam sobre esses tópicos, existem muitos outros que acham que os estudantes não tem capacidade para aprender tais temáticas (já ouvi isso de outros professores de ciências, por exemplo), o que é um absurdo, pois é óbvio que, utilizando métodos e linguagens menos formais, eles conseguem tranquilamente aprender tais assuntos, que são tão importantes, tão curiosos para alguns deles e merecem um tempo especial dentro da sala de aula.</p>
<p>O que você acha sobre trabalhar os conteúdos a partir de uma abordagem da natureza da ciência? De que modo seria impactado esse conhecimento mais abrangente na vida dos alunos com relação a atividade científica?</p>	<p>Completamente válida, talvez a influência de alguns professores durante o curso tenham total interferência nessa minha perspectiva. A abordagem da natureza da ciência é muito mais interessante, do ponto de vista histórico e cultural, para que o estudante entenda de onde aquele conhecimento veio e como foi construído, quais são os impactos que a sociedade traz a tona em determinados momentos importantíssimos para a história. Faz muito mais sentido aprender dessa forma do que os conteúdos virem "soltos", sem muito contexto. Ainda precisamos levar em consideração que o atual momento em que estamos vivendo, traz uma ideia equivocada sobre a ciência e como se faz</p>

	ciência. É importante e extremamente válido ressaltar junto aos estudantes a importância que a ciência tem para a sociedade, principalmente no que se refere a desmistificar ideias equivocadas sobre ciência, como a pulseira da energia, o colchão magnético, as garrafas imantadas, as terapias holísticas e por aí vai...
--	---

	PROFESSOR E
Questão	Resposta
Em qual série do Ensino médio você atua?	1º, 2º e 3º
Tempo de atuação no Ensino médio	11 anos
Você implementaria essa proposta junto aos seus alunos? Em quais turmas você acha que seria mais interessante trabalhar o tema proposto?	Sim. O ensino médio está passando por reforma, esse ano (2022) será o primeiro ano do "currículo" novo, no momento não consigo opinar de acordo com a nova proposta. No "currículo" anterior eu implementaria a proposta nas aulas do 3º ano.
O que você achou da construção dos textos? Está em linguagem adequada? Alguma sugestão?	O texto está muito bem construído, a leitura mostra uma sequência histórica/conhecimento científico muito rica. Acredito que a linguagem envolverá os estudantes, ao mesmo tempo que o texto trás muitas informações "complexas" a linguagem ajuda os estudantes a manter o foco na leitura.
O que você mudaria no material para uma implementação junto às suas turmas?	Não mudaria o material, mas acrescentaria algumas metodologias em algumas partes (levaria um pano com algumas bolas para demonstração em sala, recursos áudios/visuais sobre o EHT etc).
Seus alunos costumam trazer questionamentos sobre física moderna para a sala de aula? Se sim, como você costuma abordá-los?	Alguns alunos. As salas de aula (na escola que eu trabalho) são equipadas com computadores, data show e internet, como o questionamento parte de um aluno da turma eu aproveito para envolver todos os alunos da turma no tema com vídeos.
Você acha importante trazer tópicos de física moderna para o ensino médio? Justifique.	Sim. Os estudantes precisam ser direcionados ao estudo de temas diversos para uma melhor compreensão de fenômenos físicos.
O que você acha sobre trabalhar	Compreender a construção do conhecimento

os conteúdos a partir de uma abordagem da natureza da ciência? De que modo seria impactado esse conhecimento mais abrangente na vida dos alunos com relação a atividade científica?	científico, a história, os cientistas, os pequenos e grandes experimentos. Mostrar para os estudantes que as grandes descobertas não acontecem de forma imediata, que os conhecimentos prévios são importantes, e existirão grandes feitos desenvolvidos/descobertos pela ciência.
---	--

PROFESSOR F	
Questão	Resposta
Em qual série do Ensino médio você atua?	1º e 3º
Tempo de atuação no Ensino médio	Iniciei neste semestre
Você implementaria essa proposta junto aos seus alunos? Em quais turmas você acha que seria mais interessante trabalhar o tema proposto?	Sim! Em qualquer ano, desde que propriamente adaptada. No primeiro ano, pode ser utilizada - sobretudo sua primeira parte - para um estudo histórico do movimento, que está muito relacionado ao desenvolvimento histórico da gravitação/astronomia. No segundo, com o enfoque dado (para a gravitação) e no terceiro, visando a Física Moderna e pesquisas atuais em Física.
O que você achou da construção dos textos? Está em linguagem adequada? Alguma sugestão?	A linguagem está acessível para os alunos, o que é algo bem positivo. Porém, alguns parágrafos estão muito grandes e com muitas informações que não são triviais, tampouco de fácil entendimento. Claro que a implementação poderia resolver isso com pausas para discussões e explicações pelo professor, garantindo o entendimento dos estudantes, mas considero que para um entendimento adequado dos fenômenos físicos abordados, uma leitura do texto pelos alunos não seria suficiente. Há também alguns equívocos historiográficos: Newton não desenvolveu suas teorias conhecidas durante o período de quarentena (sugiro a palestra de Breno Moura disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=ps9AEK1is3c); não é consenso que Galileu tenha realmente realizado vários de seus (supostos?) experimentos; ondas gravitacionais/buracos negros não foram "exatamente" o que Einstein previu (ele era particularmente contra

	<p>buracos negros, por exemplo); apenas o nome de Eddington aparecer como quem demonstrou o desvio da luz detectado na expedição de Sobral. Penso que a principal dificuldade seja se tratar de uma história de longa duração e voltada ao Ensino Médio, necessitando recortes e simplificações; porém, a forma como é realizada a simplificação em muitos momentos pode levar a concepções extremamente equivocadas sobre a natureza e a História da Ciência. Os textos dão uma ideia de progresso e verificacionismo bastante crua, direta, não controversa. Veja que eu sou defensora da ideia de progresso na ciência e de que há, sim, processos de verificação de teorias que compõem a autorregulação da ciência. Porém essas ideias estão colocadas no texto de forma muito direta e simples, como se fosse algo óbvio e sem questionamento, sem sequer dar indícios da complexidade e dos múltiplos fatores que envolve.</p>
<p>O que você mudaria no material para uma implementação junto às suas turmas?</p>	<p>O principal ponto, logo de cara, é a apresentação do texto. Ele não está atrativo para os estudantes. Só de bater o olho em uma página branca ocupada totalmente por apenas texto preto, em fonte acadêmica, eles vão perder a vontade de ler. Claro que realizar a diagramação de um texto não é algo trivial, porém, pelo menos para uma versão digital, penso que seria mais interessante, ao invés de ter uma apresentação à parte, ir incluindo as imagens e suas descrições no texto. Ter parágrafos mais curtos. Explicar de forma mais "mastigada" alguns fenômenos e episódios históricos. Essa linha histórica de estudos gravitacionais/astronômicos é um dos temas mais abordados em pesquisas em História da Ciência e Ensino. Com exceção da parte final, com as ondas gravitacionais e buracos negros, há uma quantidade avassaladora de estudos em Ensino de Física sobre o tema, muitos, inclusive, com materiais e textos voltados à sala de aula - como do Luiz Arthur e do Luiz Peduzzi. A dissertação do João Otavio Garcia trabalha com ondas gravitacionais e a discussão da ideia de "prova" (ou corroboração, ou verificação) na ciência. Sinto que faltou aproveitar um pouco mais esses estudos para refinamento das informações apresentadas. Uma opção interessante, em termos de implementação e pesquisa (próximos passos), seria fazer uma curadoria dos materiais didáticos existentes e um guia para o professor sobre os materiais - não dizendo, de maneira engessada, como ele deve utilizar</p>

	<p>os materiais, mas sobre as potencialidades e limites de cada um, discussões que podem ser aprofundadas, etc. Para futuras pesquisas, caso seja de interesse seguir, sugiro que o recorte histórico seja bem mais delimitado, se restringindo a um pequeno episódio histórico, para explorá-lo melhor. Por exemplo, a imagem do buraco negro aparece em poucas linhas, sendo que é um episódio que pode ser explorado em muitos sentidos, tanto em termos de conceitos físicos quanto de natureza da ciência. O próprio documentário sugerido (Black Holes - The Edge of All We Know) já mostra a complexidade de construção de tal imagem, e sequer abordou o impacto subsequente na mídia.</p>
<p>Seus alunos costumam trazer questionamentos sobre física moderna para a sala de aula? Se sim, como você costuma abordá-los?</p>	<p>Não tive experiência em sala de aula o suficiente para responder a essa questão :(</p>
<p>Você acha importante trazer tópicos de física moderna para o ensino médio? Justifique.</p>	<p>Muito! Há vários estudos da área de ensino de física que argumentam nesse sentido melhor do que eu poderia fazer, como Terrazan (1992) e Ostermann (doutorado e pesquisas subsequentes). O principal, pra mim, é que não trabalhar com esses tópicos configura uma certa negligência com os estudantes. Penso que não há justificativa para não trabalhar com tais temas. Podem ser trabalhados conceitualmente, se a justificativa for a dificuldade matemática. A complexidade também não é justificativa, uma vez que a Física Clássica também é extremamente complexa, mas foi sendo didatizada para corresponder às expectativas curriculares. Além disso, é o nosso trabalho como docentes buscar formar estudantes que tenham condições de, pelo menos, saber como buscar estudar temas complexos. São os temas que estão sendo pesquisados atualmente, que influenciam a configuração social atual, sobre a qual deverão tomar decisões em suas vidas. Como eles vão apoiar (ou não) a destinação de recursos públicos para pesquisas de base em física, por exemplo, se eles sequer têm ideia de como funcionam ou sobre o que tratam? Como vão compreender a relação entre conhecimento científico e tecnologias, dos dois com o sistema econômico vigente, das desigualdades sociais relacionadas a isso às quais muitas vezes são vítimas? Ter uma ideia, pelo menos, dos temas que são explorados e de como funcionam as pesquisas é imprescindível para a</p>

	formação de todos os sujeitos.
O que você acha sobre trabalhar os conteúdos a partir de uma abordagem da natureza da ciência? De que modo seria impactado esse conhecimento mais abrangente na vida dos alunos com relação a atividade científica?	É imprescindível. Para mim, é a maneira que mais faz sentido trabalhar no ensino de Ciências, pois é apenas trabalhando natureza da ciência que se permite uma aprendizagem reflexiva sobre aquilo que se estuda.

	PROFESSOR G
Questão	Resposta
Em qual série do Ensino médio você atua?	1º, 2º e 3º.
Tempo de atuação no Ensino médio	12 anos.
Você implementaria essa proposta junto aos seus alunos? Em quais turmas você acha que seria mais interessante trabalhar o tema proposto?	Com certeza implementaria. Acredito que já no 1º ano seria interessante trabalhar Astrofísica, pois é o momento que eles são apresentados à Física, onde eles vem com a curiosidade aguçada. E nada melhor que trabalhar esse assunto de início!
O que você achou da construção dos textos? Está em linguagem adequada? Alguma sugestão?	Estão ótimo, perfeitos, maravilhosos! Claros e objetivos, utilizando uma linguagem dirigida aos alunos, fáceis de compreender... adorei!
O que você mudaria no material para uma implementação junto às suas turmas?	Nada.... só colocaria o nome da autora.
Seus alunos costumam trazer questionamentos sobre física moderna para a sala de aula? Se sim, como você costuma abordá-los?	Sempre! Especialmente alunos que estão chegando no ensino médio. No material que utilizo atualmente, tem sugestões de trabalhar a física moderna e eu complemento com materiais atualizados sobre o tema, com aulas expositivas, vídeos, textos, filmes, etc.
Você acha importante trazer tópicos de física moderna para o ensino médio? Justifique.	Acho sim. A física moderna não faz parte somente do estudo científico, ela está no nosso cotidiano. Muitas das perguntas dos alunos envolve esses conceitos. E nada melhor do que começando a compreender o universo que nos cerca, o universo já conhecido pelos

	alunos, e assim motivá-los a querer saber mais, a querer entender o que está a nossa volta.
O que você acha sobre trabalhar os conteúdos a partir de uma abordagem da natureza da ciência? De que modo seria impactado esse conhecimento mais abrangente na vida dos alunos com relação a atividade científica?	<p>Acredito que é necessário partir daí, pois atualmente se faz fundamental abordar a construção e como se organiza o conhecimento científico. Compreender a natureza da Ciência é fundamental na formação dos alunos e também na prática dos professores e acredito que seja como um "atalho" para integrar o conteúdo com a realidade que vivemos.</p> <p>Também não tem como fugir do fato que atualmente cada vez mais os alunos seguem a carreira científica, e fazer essa abordagem no início do Ensino Médio, com certeza é algo enriquecedor na vida acadêmica desses alunos.</p>

	PROFESSOR H
Questão	Resposta
Em qual série do Ensino médio você atua?	1º, 2º e 3º
Tempo de atuação no Ensino médio	2 anos
Você implementaria essa proposta junto aos seus alunos? Em quais turmas você acha que seria mais interessante trabalhar o tema proposto?	Sim, com algumas poucas adaptações. Acredito que possa ser implementado em todas as turmas. A proposta com certeza é mais direcionada ao segundo ano (levando em conta os conhecimentos dos alunos), mas também vejo uma oportunidade de aplicação paulatina no primeiro ano e também uma possibilidade de aplicação bem legal no terceiro ano.
O que você achou da construção dos textos? Está em linguagem adequada? Alguma sugestão?	Os textos seguem uma linha muito interessante. Aparentemente o material foi construído com maior fôlego nos capítulos dois e três (penso nisso por conta da forma como está escrito). A linguagem geral é leve e de fácil compreensão (o que para o ensino médio é excelente, eu mesmo não consegui fazer isso, haha). Porém, há algumas poucas passagens dos textos que merecem uma atenção maior, sobretudo tratar o primeiro texto com exemplos.
O que você mudaria no material para uma implementação junto às	A linha temporal dos textos é ótima. Se eu pudesse sugerir alguma adaptação é tratar com mais calma

<p>suas turmas?</p>	<p>alguns assuntos específicos de física. Você tem um texto muito denso em algumas passagens e em outras traz uma linguagem mais "popular" para diminuir isso. É excelente, porém algumas explicações ficam vazia em meio a tantos conceitos. Uma sugestão é: pense na Daiely de 16 anos que está lendo esse texto e considere a realidade dos professores de física que você sempre houve por aí. Agora coloque o professor (com todas as suas dificuldades de tempo, logística, carga horária cheia, pouco tempo em sala, etc) para explicar um texto muito bem escrito sobre ciência para a Daiely do ensino médio. Você, enquanto aluna, encontrará muitas dificuldades em entender coisas que parecem "bobas" como até mesmo o significado de uma elipse. Então, sugiro Dai, lê novamente o seu texto fazendo o exercício de explicar pra si mesma todas as inúmeras coisinhas que cada linha contém. Novamente, o texto é bom, mas te deixo algumas dicas de alguém que já sofreu tentando trabalhar um texto científico no ensino médio.</p> <p>Talvez eu possa estar delirando, isso você discute com o Arthury, haha. Talvez a minha exposição do texto que fiz tenha sido mal apresentada/recebida e eu tive muitas dificuldades, por isso deixei essa pequena sugestão no que eu gostaria de mudar no texto que fiz, antes de apresentar aos alunos.</p>
<p>Seus alunos costumam trazer questionamentos sobre física moderna para a sala de aula? Se sim, como você costuma abordá-los?</p>	<p>Isso é muito normal, visto que a ciência "está" em ascensão. A resposta é sempre muito pontual, mas em algumas ocasiões nós acabamos aprofundando o assunto. Normalmente os questionamentos são mais ligados às estruturas dos buracos negros e o que sabemos sobre eles, por isso são poucas as vezes em que aprofundamos algumas coisas. Na escola que trabalhei, duas salas possuíam computador, então era bem fácil puxar uma informação/imagem ou conceito pra abordar na hora da pergunta, normalmente dava pra chegar em uma "resposta".</p>
<p>Você acha importante trazer tópicos de física moderna para o ensino médio? Justifique.</p>	<p>Claro, a ciência hoje se assenta sobre os dois pilares da física moderna, nós obtemos inúmeras respostas com a mecânica quântica e a relatividade geral.</p>
<p>O que você acha sobre trabalhar os conteúdos a partir de uma abordagem da natureza da ciência? De que modo seria</p>	<p>Imprescindível. Não dá mais pra falar de ciência sem citar os inúmeros processos de produção científica. Ainda não vejo a natureza da ciência sendo trabalhada como deveria ser: como conteúdo (sim, eu arrumei</p>

<p>impactado esse conhecimento mais abrangente na vida dos alunos com relação a atividade científica?</p>	<p>briga com uma GALERA agora). Natureza da ciência, há tempos, já deveria ser parte do planejamento do professor. Eu e você conhecemos os processos de aprendizagem e como tudo isso é muita complexo dentro da atividade humana, porém também sabemos que a objetividade matemática que vem sendo trabalhada no todo da área de ensino de ciência não se fez muito efetiva, haha.</p>
---	---