

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA
LICENCIATURA EM FÍSICA

ROGER EDUARDO LOURENÇO

INSERÇÃO DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO
ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O 2º ANO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2019

ROGER EDUARDO LOURENÇO

**INSERÇÃO DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO
ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O 2º ANO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Licenciatura em Física do Departamento Acadêmico de Física - DAFIS - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para aprovação da disciplina.

Orientador: Prof. Dr. Arandi Ginane Bezerra Jr.

Coorientador: Prof. Dr. Marlos de Oliveira Ribas

CURITIBA

2019

TERMO DE APROVAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Título: Inserção de Tópicos De Física Moderna E Contemporânea no Ensino Médio:
Uma Proposta Didática Para O 2º Ano

Autor: Roger Eduardo Lourenço

Orientador: Arandi Ginane Bizerra Jr.

Coorientador: Marlos de Oliveira Ribas

Este trabalho foi apresentado às 10h, do dia 02 /12 /2019, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 (TCC2), do curso de Licenciatura em Física, do Departamento Acadêmico de Física (DAFIS), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Curitiba. A comissão examinadora considerou o trabalho aprovado.

Comissão examinadora:

Professor Doutor Arandi Ginane Bizerra Jr.

Professor Doutor Marlos de Oliveira Ribas

Professor Doutor Jean Carlos Santos

Professor Doutor Alisson Antonio Martins

Professor Responsável pelas Atividades de
Trabalho de Conclusão de Curso/
Curso de Licenciatura em Física
(DAFIS/UTFPR)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao meu orientador Professor Doutor Arandi Ginane Bizerra Jr. e ao meu coorientador Professor Doutor Marlos de Oliveira Ribas pelas orientações que visaram o desenvolvimento deste trabalho.

À comissão examinadora por dedicar o seu tempo a leitura do trabalho apontado melhorias deste e legitimando o mesmo.

Aos meus pais que, mesmo em situações difíceis, jamais cogitaram o abandono dos meus estudos.

Ao meu grande amor, e futura esposa, Louise Schinzel, por estar ao meu lado nos momentos em que mais precisei.

Ao meu grande amigo e colega de pesquisa Lucas Chibeloski Bail, pois sem sua amizade, a minha formação seria bem mais árdua.

Ao professor Doutor Alisson Antonio Martins, por não se esquecer como é ser um graduando e se pôr no lugar destes nos momentos em que mais estamos desamparados. E desta forma, se tornar um dos melhores coordenadores do curso.

À Professora Doutora Noemi Sutil, pelas orientações ao longo das disciplinas de TCC e estágio se mostrando sempre disposta a ajudar independentemente das circunstâncias.

Por fim, e não menos importante, agradeço aos professores que, de uma maneira ou outra, contribuíram para minha formação como indivíduo e que carregou comigo como exemplo desta profissão.

RESUMO

LOURENÇO, Roger Eduardo. Inserção de Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: Uma Proposta Didática para o 2º Ano. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Licenciatura em Física) – Departamento Acadêmico de Física - DAFIS, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Curitiba, 2019.

O presente trabalho consiste na produção de uma proposta didática, ao qual se utiliza da construção de um material didático temático de Cosmologia, que se apoia no livro didático adotado no planejamento do colégio onde ocorrerão as aulas. O material aborda e relaciona, através da transposição didática, os assuntos tratados no livro alguns tópicos de Cosmologia e Física Moderna. O trabalho conta também, com uma revisão acerca do ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Brasil, revelando uma escassez de trabalhos na área, quando comparada ao número total de trabalhos analisados. Quanto a técnica utilizada para coleta de dados no desenvolvimento das aulas, escolheu-se a entrevista com o professor regente e o Diário de Bordo. Esses, sugeriram aspectos formativos de aprendizagem quanto a aproximação do ensino de Física mediante a utilização do Ensino de Cosmologia.

Palavras chave: Cosmologia. Física Moderna e Contemporânea. Material de apoio. Revisão Bibliográfica.

ABSTRACT

LOURENÇO, Roger Eduardo. Insertion of Modern and Contemporary Physics Topics in High School: A Didactical Proposal for the 2nd year. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Licenciatura em Física) – Departamento Acadêmico de Física - DAFIS, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Curitiba, 2019.

The present work consists in the production of a didactic proposal, which uses the construction of a thematic material of Cosmology, which is based on the textbook adopted in the planning of the high school where the classes will take place. The material addresses and relates, through didactic transposition, the subjects treated in the textbook with topics in Cosmology and Modern Physics. The work also includes a review of the art about the teaching of Modern and Contemporary Physics in Brazil, revealing a scarcity of works in the area, when compared to the total number of works analyzed. As for the technique used for data collection in the development of the classes, the interview with the conducting teacher and the logbook was chosen. These suggested formative learning aspects regarding the approximation of physics teaching through the use of cosmology.

Key words: Cosmology. Modern and Contemporary Physics. Support Material. Literature Review.

LISTA DE SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CBEF	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
CNE	Conselho Nacional de Educação
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
EM	Ensino Médio
FMC	Física Moderna e Contemporânea
FnE	Física na Escola
HFC	História e Filosofia da Ciência
IENCI	Investigações em Ensino de Ciências
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
LED	Light-Emitting Diode
LHC	Large Hadron Collider
MQ	Mecânica Quântica
OA	Objeto de Aprendizagem
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	Orientações Educacionais Complementares ao Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+ – Física	Orientações Educacionais Complementares ao Parâmetros Curriculares Nacionais – Física
RBEF	Revista Brasileira de Ensino de Física
RBPEC	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências
TDC	Textos de Divulgação Científica
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1 OBJETIVOS.....	10
1.1 OBJETIVO GERAL.....	10
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
2 QUESTÃO DE PESQUISA	10
3 JUSTIFICATIVA.....	11
4 A ABORDAGEM DA COSMOLOGIA NOS DOCUMENTOS OFICIAIS.....	12
5 A INSERÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA.....	14
5.1 HISTÓRIA DA FÍSICA E DA CIÊNCIA	16
5.2 PROPOSTAS DIDÁTICAS TESTADAS EM SALA DE AULA	18
5.3 PROPOSTAS DIDÁTICAS	21
5.4 PESQUISAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
5.5 LEVANTAMENTO DE CONCEPÇÕES E DADOS.....	30
5.6 ARTIGOS DIVERSOS.....	33
6 O USO DE TIC EM SALA DE AULA	35
7 TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA	36
8 METODOLOGIA	37
8.1 CONCEPÇÃO DE PESQUISA.....	37
8.2 PRODUÇÃO DO MATERIAL.....	37
8.3 CONSTITUIÇÃO DE DADOS	37
8.3.1 Diário de Bordo	37
8.3.2 Entrevista.....	38
8.3.3 Entrevista Focalizada.....	38
9 APLICAÇÃO DO MATERIAL	40
9.1 APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	40
10 CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS.....	46
APÊNDICE A- Plano de Aula	58

INTRODUÇÃO

Há tempos o conhecimento humano e científico era destinado àqueles que mereciam, e muitos desses, nobres. Hoje o fácil acesso a informação juntamente a iniciativas de alguns divulgadores da ciência, tais como: Brian Greene, Carl Sagan, Neil deGrasse Tyson e Stephen Hawking, possibilitam a divulgação desta através das mais variáveis mídias. Um grande exemplo é a premiada série “Cosmos: Uma Viagem Pessoal” produzida e gravada por Carl Sagan e transmitida pela primeira vez em 1980, que busca, de maneira clara e direta, apresentar as mais variáveis ciências que nos cerca. Tal série foi responsável pelo nascimento de grandes cientistas da nossa era. Atualmente, a mesma série que carrega o nome “Cosmos: Uma Odisseia no Espaço” é apresentada pelo astrofísico Neil deGrasse Tyson, exemplo da menção anterior. Outro divulgador da ciência é o cosmólogo Brian Greene com a série intitulada “Universo Elegante: Supercordas, Dimensões Ocultas, e a Busca pela Teoria Final” baseada no livro do autor com o mesmo nome.

Tais séries tem como principal objetivo transmitir o conhecimento produzido pelo homem, sobretudo a Cosmologia e Astronomia, de maneira a inspirar e proporcionar àqueles que a assistem um contato maior com tais ciências, visto que o estudo aprofundado dessas áreas exige um grau de complexidade mais avançado, pois envolve métodos e cálculos mais sofisticados.

Uma dificuldade da inserção da Cosmologia no Ensino Médio é como inseri-la de maneira eficiente e menos complexa de modo a não utilizar somente a linguagem físico-matemática, pois desta maneira não há compreensão dos conceitos por parte dos estudantes (AGUIAR, 2010).

Uma alternativa para este feito é através da utilização das TIC e a Transposição Didática empregado por Chevallard (1991). O uso destas abordagens pelo professor permite aos estudantes desenvolverem competências e habilidades necessárias no mundo digital atual, além de ser um mediador facilitador para a busca dos mesmos (KENSKY, 2008).

1 OBJETIVOS

1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como principal objetivo desenvolver um material de apoio para o professor, focado nos assuntos tratados na Cosmologia no contexto do Ensino Médio e utilizando como texto base o livro didático, da coleção Física Aula por Aula v.2, adotado no planejamento das aulas ministradas no colégio.

1.2 Objetivos Específicos

- i. Analisar quantitativamente os materiais bibliográficos produzidos pelas principais revistas de ensino de física e ciências entre os anos 2007 e 2019;
- ii. Categorizar e organizar os materiais encontrados;
- iii. Analisar os conteúdos do ensino médio e relacionar os mesmos com os assuntos tratados na Cosmologia;
- iv. Produzir o material de apoio;
- v. Aplicar o material aos estudantes;
- vi. Analisar os resultados referentes a aplicação do material.

2 QUESTÃO DE PESQUISA

Quais as potencialidades de aproximação entre o Ensino de Física mediante a utilização do Ensino de Cosmologia, e os estudantes do Ensino Médio de uma escola pública?

3 JUSTIFICATIVA

Desde meu primeiro contato com a Cosmologia a abordagem desse assunto sempre me fascinou. Mas a ideia para a escolha do tema iniciou a partir de discussões a respeito na disciplina de estágio. Foi então que surgiu um grande interesse devido às inúmeras possibilidades que esse tema poderia ser desenvolvido e abordado nas escolas, tendo em vista, que muitos, assim como eu, acabam por ter pouco ou nenhum contato com a Física Moderna durante os anos do Ensino Médio. Seja pela infraestrutura do colégio ou capacitação dos professores.

Existem inúmeros teóricos que justificam a introdução da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio (EM), a saber: Terrazan (1994); Valadares e Moreira (1998); Pinto e Zanetic (1999); Cavalcante, Jardim e Barros (1999); Basso (2000), Ostermann e Moreira (2000); Ostermann e Cavalcanti (2001); Machado e Nardi (2003); Rezende Junior e Souza Cruz (2003); dentre outros. Todavia, além de autores e pesquisas o que coopera fortemente para a efetivação da inserção de tópicos de FMC são os desdobramentos da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) de 1996, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN e PCN+) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

4 A ABORDAGEM DA COSMOLOGIA NOS DOCUMENTOS OFICIAIS

Dentre os principais documentos que regem a educação brasileira encontra-se as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN), os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que vinha sendo adiada a homologação desde a sua criação em 2015, sendo aprovada recentemente pelo Conselho Nacional de Educação (CNE) no dia 04 de dezembro de 2018. Tais documentos formam a base estruturante do ensino geral a serem empregados no Ensino Médio (EM) brasileiro.

Os PCN são diretrizes elaboradas pelo Governo Federal cujo objetivo principal é orientar educadores por meio da normatização de alguns fatores fundamentais referentes a cada disciplina. Tais parâmetros abrangem tanto a rede pública de ensino como a privada. De maneira geral, os PCN são uma referência para a transformação de objetivos, conteúdos e didática do ensino (BRASIL, 2000). No mesmo, há orientações para que os professores utilizem metodologias e abordagens diversas, de maneira a traçar caminhos que possam contribuir para a interdisciplinaridade e contextualização dos conteúdos junto a inserção de conhecimentos práticos e abstratos que geram uma visão de mundo na cultura do estudante (BRASIL, 2000).

Entre tais documentos, o documento de maior importância para o ensino de física seria o PCN+ - Física (BRASIL, 2002), pois foca nos tópicos específicos da prática em sala de aula, reformulando e revisando as novas áreas do conhecimento e do projeto político pedagógico da escola. No mesmo é defendida a ideia de que é necessário desenvolver competências na Física que permitam que o estudante verifique e compreenda os fenômenos naturais e tecnológicos que o cerca, uma vez que essa compreensão e interpretação de mundo influencia sua visão como indivíduo e parte do mesmo.

Esse documento apresenta "O Tema Estruturador VI: Universo, Terra e Vida", e este dividido em três unidades temáticas "Terra e sistema solar", "O Universo e sua origem" e "Compreensão humana do Universo". Segundo essa seção, a abordagem da Cosmologia é de total interesse dos estudantes, pois, nessa faixa etária, as preocupações sobre os enigmas da vida e do universo são frequentes, e as respostas apresentadas os proporciona uma visão de escala de

tempo em que se encontram. Além disso, os assuntos tratados na Cosmologia podem permitir reconhecer a presença da vida humana no Universo como uma indagação filosófica, e também das condições físico/química/biológicas para sua existência (BRASIL, 2002).

Em “Universo - sua evolução, suas transformações e as interações que nele ocorrem” encontrados nas DCN também é discutida essa abordagem da Cosmologia no Ensino Médio (BRASIL, 2013). E nessa, defende-se que o principal meio de acesso ao conhecimento é a escola e é esta quem proporciona a transformação da sociedade. Sendo assim, é fundamental que, neste ambiente, o professor utilize abordagens metodológicas capazes de simular problemas reais, em que os estudantes tenham que recorrer aos conhecimentos adquiridos para que obtenham a resolução dos mesmos (BRASIL, 2013).

De maneira geral, todos os documentos oficiais proporcionam a inserção do ensino de Cosmologia nas aulas de Física. Sendo assim, se faz necessário desenvolver uma abordagem metodológica que permita trabalhar os diversos assuntos da Cosmologia no Ensino Médio. Uma possibilidade encontrada é, justamente, o desenvolvimento de um material de apoio ao professor que associe os conteúdos básicos vistos na disciplina de Física aos conteúdos trabalhados na Cosmologia.

5 A INSERÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

No intuito de continuar o trabalho realizado por Pereira e Ostermann (2009) e obter uma precisão maior acerca do estado da arte do ensino de FMC atualmente, esta pesquisa envolveu a consulta de artigos publicados entre o período de 2007 e início de 2019 em cinco revistas brasileiras que abordam este tema.

A partir dos trabalhos consultados, esses foram classificados em seis grupos: i) História da Física e da Ciência, ii) Propostas Didáticas Testadas em Sala de Aula, iii) Propostas Didáticas, iv) Pesquisas Bibliográficas, v) Levantamento de Concepções e Dados, vi) Artigos Diversos.

A primeira categoria abrange os trabalhos que tratam de questões socio históricas da física e da ciência, sejam eles envolvendo propostas aplicadas em sala ou não, e que podem ser utilizadas por professores de ciência ou física, em qualquer nível de ensino. A segunda categoria refere-se aos trabalhos que proporcionam novas estratégias ou abordagens de física moderna e contemporânea, em diferentes níveis de ensino, mas que não se encontram na categoria anterior, e que possuem no corpo desses trabalhos o resultado dessas aplicações e experiências didáticas. A terceira categoria, diferente das anteriores, trata de trabalhos que, exclusivamente, apresentam propostas didáticas no ensino de física moderna e contemporânea, mas não há a constituição de dados referente a abordagem de ensino descrita. A quarta categoria refere-se aos trabalhos que tratam de pesquisas bibliográficas na área de ensino de física, sendo os materiais de pesquisa: livros, artigos, jornais, documentos oficiais, etc. A quinta categoria refere-se aos trabalhos que abordam assuntos relacionados a pesquisa em ensino de física e que possuem enfoque na análise/constituição de dados. Por fim, a última categoria refere-se aos trabalhos que não se encaixam nas categorias anteriores.

Para confecção dessa pesquisa utilizou-se a seguinte metodologia: i) levantamento do universo de trabalhos publicados posteriores à revisão de Pereira e Ostermann (2009); ii) definição de temas e seleção dos artigos consultados; iii) categorização desses trabalhos.

O universo de trabalhos é a constituição de todos os artigos publicados ente o período de 2007 a 2019 nas seguintes revistas: A Física na Escola,

Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Investigações em Ensino de Ciências, Revista Brasileira de Ensino de Física e Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências e constituíram uma amostra de **2646 trabalhos**. O critério de seleção de tais revistas foram os mesmos escolhidos por Pereira e Ostermann (2009), ou seja, aqueles que possuíam classificação Nacional A ou Nacional B seguindo o sistema de avaliação da Capes (Qualis) relativo à área de ensino de ciências e matemática.

A seleção dos artigos consultados foi feita em duas etapas: 1) com base nos temas seguindo a definição de Terrazzan (1992) a respeito do que seja física moderna e contemporânea; 2) entre esses trabalhos foram escolhidos aqueles direcionados ao ensino de física. A elaboração das categorias foi escolhida de maneira a evidenciar o direcionamento da pesquisa no ensino de física e ciências nas produções acadêmicas recentes. Este processo gerou a Tabela 1, a qual apresenta a quantidade de artigos publicados entre o período de 2007 a 2019 nas revistas selecionadas.

Tabela 1 – Número de artigos encontrado entre os anos de 2007 e 2019 nas revistas: A Física na Escola (FnE), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Investigações em Ensino de Ciências (IENCI), Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) e Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC).

Revistas	FnE	CBEF	IENCI	RBEF	RBPEC
Trabalhos publicados	221	529	370	1164	362

Fonte: Autoria própria (2019)

A Tabela 2 apresenta a quantidade total de artigos publicados em cada categoria.

Tabela 2 – Número de artigos encontrado nas categorias i) História da Física e da Ciência, ii) Propostas Didáticas Testadas em Sala de Aula, iii) Propostas Didáticas, iv) Pesquisas Bibliográficas, v) Levantamento de Concepções e Dados, vi) Artigos Diversos.

Categoria	I	II	III	IV	V	VI
Trabalhos encontrados	09	13	28	13	18	05

Fonte: Autoria própria

Pode-se observar que o número de artigos produzidos com o propósito de inserir a FMC no contexto do ensino (item II d Tabela 2) é maior quando comparado aos demais. No entanto, tais artigos não trazem os resultados das experiências vividas pelos docentes ou os estudantes, gerando uma falta de informação quanto à eficácia dessa proposta.

Além disso, quando olhamos para o número total de trabalhos publicados durante esse período, vemos que, mesmo sendo revistas direcionadas a abordagem exclusiva de conteúdos de física e ciências, somente 3,25% dos trabalhos são direcionadas aos assuntos tratados na Física Moderna e Contemporânea. Ressaltando a escassez desse tema em um ambiente de ensino.

Os subitens a seguir tenham os dados apresentados na tabela 2.

5.1 HISTÓRIA DA FÍSICA E DA CIÊNCIA

Essa categoria abrange os trabalhos que tratam de questões socio históricas da física e da ciência e que podem envolver propostas aplicadas em sala a serem utilizadas por professores de ciência ou física, em qualquer nível de ensino. Sendo assim, segue abaixo os trabalhos encontrados e uma síntese a respeito dos mesmos.

Andrade et al (2007) revisam algumas das obras do pintor espanhol Salvador Dalí (1904-1989) a partir de um olhar pedagógico de forma a identificar elementos e ideias relacionados à Física Moderna presentes nas mesmas, de

maneira a contribuir para um ensino interdisciplinar de Física Moderna no nível médio e na formação de professores.

Guerra et al (2010) propõe neste artigo subsídios à discussão em torno da introdução de temas de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, ao defender que, no caso específico do estudo da Teoria da Relatividade Restrita, o trabalho em sala de aula deve seguir uma abordagem histórico-filosófica, pois a contextualização desse conhecimento possibilitará o estudo de um conteúdo que traz questões bem diferentes daquelas aprendidas com o senso comum.

Gomes e Pietrocola (2011) apresentam neste trabalho o conceito de quasi-história como perspectiva de análise para a forma de apresentação didática de conteúdos de física. Mostram-se as transformações sofridas pelo conhecimento, desde os primeiros registros até a forma como ele aparece nos livros didáticos. O conteúdo a ser trabalhado é o experimento de Stern-Gerlach, geralmente associado à descoberta do spin do elétron, o qual desempenhou um importante papel no desenvolvimento da teoria quântica no século XX. Analisando os trabalhos originais e utilizando alguns fatos da história da ciência, foram discutidas as modificações sofridas por este conteúdo até a forma em que ele é apresentado nos livros didáticos utilizados nos cursos de graduação em física e engenharias.

Porto (2013) traz uma apresentação do atomismo grego, tanto na formulação original de Demócrito e Leucipo quanto na versão de Epicuro, e sua influência sociocultural na formação no pensamento físico moderno.

Dos Reis e Reis (2016) relatam a respeito de uma sequência didática com abordagem histórica-filosófica. Nesta sequência são discutidos os conceitos de espaço e tempo. A pesquisa realizada é uma pesquisa-ação com o intuito de avaliar a relevância de determinadas estratégias pedagógicas que discutem não apenas ciências, mas também o processo de construção do conhecimento científico.

Fernandes et al (2017) apresentam os resultados de uma proposta didática para ensino médio compreendendo discussões sobre mecânica quântica e elementos que relacionam a física em algumas pinturas de Salvador Dalí. Para isso, a proposta apresenta uma metodologia operatória, aproximando

a ciência como conhecimento histórico e social para ensinar mecânica quântica, com isso, visa tornar o estudante capaz de desenvolver hipóteses, conceitos e situar explicações científicas no tempo.

Tenfen e Tenfen (2017) apresentam neste artigo uma proposta experimental que consiste na construção de um espectroscópio de baixo custo, visando contribuir com professores e estudantes de graduação em Física. Apresentam também um breve delineamento histórico que enfatiza o contexto de surgimento do modelo atômico de Niels Bohr, conhecido por situar-se em um período de transição entre Física Clássica e Moderna. Além disso, mostram-se detalhadamente as limitações deste modelo, evidenciando a necessidade das explicações oriundas da nova Mecânica Quântica para uma descrição adequada do espectro do átomo de hélio.

Neste trabalho, Vasconcelos et al (2018) apresentam uma abordagem historiográfica com enfoque alternativo às narrativas presentes em materiais didáticos enfatizando modelos atômicos pouco conhecidos, aspectos pessoais de cientistas e alguns elementos do desenvolvimento da espectroscopia na elaboração de alguns modelos atômicos do começo do século XX, com ênfase nas contribuições de Niels Bohr.

5.2 PROPOSTAS DIDÁTICAS TESTADAS EM SALA DE AULA

Os trabalhos classificados nessa categoria proporcionam novas estratégias ou abordagens em diferentes níveis de ensino de FMC, e apresentam resultados dessas propostas e experiências didáticas. Sendo assim, segue abaixo os trabalhos encontrados e uma síntese a respeito dos mesmos.

Sorpreso e De Almeida (2008), através da inclusão da Física Nuclear no Ensino Médio com a resolução de problemas, procuram evidenciar aspectos do imaginário de licenciandos em Física e mostrar que esse imaginário pode ser evidenciado, ou sofrer deslocamentos, a partir de condições de produção específicas.

Caruso e De Freitas (2009) utilizam-se de um conjunto de sete tirinhas para ensinar e abordar conceitos de Física Moderna, mais precisamente, a Relatividade de Einstein, de maneira divertida e descontraída no Ensino Médio. No trabalho de Netto et al (2010) é apresentada uma página na Internet, como produto educacional resultante do projeto “A física Moderna no processo de

formação de técnicos na área de radiologia médica”, desenvolvido como parte de uma dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A aplicação deste projeto ocorreu no curso Técnico em Radiologia Médica - Radiodiagnóstico, do Colégio Cenecista São Roque, em Bento Gonçalves - RS. Tal página fora utilizada, durante o segundo semestre letivo de 2007, como material de apoio para a disciplina de Proteção Radiológica, a qual contemplava uma carga horária de 40 horas-aula.

No trabalho de De Oliveira Cardoso e Dickman (2012) é relatado o processo de elaboração e aplicação de uma sequência de atividades que se apoiam no uso de simulações computacionais para o ensino do efeito fotoelétrico, explorando os conhecimentos prévios dos estudantes e, de maneira gradual, introduzindo novos conceitos. Nas atividades, foi utilizada a simulação do efeito fotoelétrico desenvolvida pelo projeto PhET da Universidade do Colorado. A sequência de atividades foi aplicada a uma turma do terceiro ano do Ensino Médio de uma instituição de ensino particular.

Guttmann e Braga (2015) apresentam neste artigo uma proposta de introdução de questões relativas à Natureza da Ciência a partir da confrontação de duas teorias distintas sobre a origem do universo. Esse trabalho foi desenvolvido junto a turmas de Ensino Médio de uma escola do Rio de Janeiro. As teorias são divergentes, sendo uma defensora de um universo com uma origem definida, o Big Bang, e a outra de um Universo Eterno.

Soares et al (2015) se utilizam do computador e de simuladores interativos desenvolvidas pelo projeto Physics Educational Technology (PhET) da Universidade do Colorado, para o ensino de alguns fenômenos físicos da matéria e radiação, tais como: tópicos de espectroscopia, radioatividade e física nuclear; para duas turmas de Ensino Médio da rede pública.

No presente artigo, Pinheiro (2015) descreve como foi implementada uma simulação computacional de um sistema de detecção de radiação ionizante semelhante ao encontrado em tradicionais laboratórios de física moderna. A simulação foi utilizada com duas turmas do curso de licenciatura em física a distância da UFSC em 2011 e em 2014, associadas à realização do experimento

real. Ao longo do texto, são discutidos as motivações e os problemas do uso das simulações neste contexto.

De maneira a inovar a forma como a Física é apresentada aos estudantes, Oliveira e Gomes (2016) escolheram uma peça de teatro no qual os protagonistas dessa história são o “Ensino Tradicional” e a “Física Nova”. Nessa peça nos é mostrado em seus diálogos, como é difícil, porém possível, semear nas escolas, possibilidades de um ensino atrativo e divertido, sob a perspectiva que o conhecimento científico pode ser representado sem o rigor que o engessa.

Bagdonas et al (2018) abordam tópicos de física moderna utilizando uma metodologia diferenciada onde os estudantes se posicionam como cientistas e defendem suas visões a respeito do assunto. Em meio a esses debates, foi abordado o conflito de Einstein diante das previsões de suas equações e seus dogmas que diziam o contrário.

Em seu trabalho, Paulo e Moreira (2011) realizam a pesquisa envolvendo duas escolas de Ensino Médio da rede particular da cidade de Cuiabá, Brasil, e cerca de 100 estudantes, e lá foram ministrados conteúdos sobre os conceitos fundamentais da mecânica quântica na Interpretação de Copenhagen (não determinismo e complementaridade), sendo que, em uma das escolas, isso ocorreu após o ensino do tópico “ondulatória”, na perspectiva do ensino da Física Clássica, e na outra escola, antes do ensino deste tópico.

Da Silva Netto et al (2011) apresentam a aplicação de uma proposta de introdução de tópicos de física moderna a estudantes de um curso técnico na área da saúde e a avaliação de um software tipo bancada virtual que simula o interferômetro de Mach-Zehnder.

Zanotta et al (2011) os conceitos físicos envolvendo a tecnologia usada no Sistema de Posicionamento Global (GPS) são analisados do ponto de vista histórico e didático. As conexões existentes entre o funcionamento do GPS e as descobertas recentes da física, como a mecânica quântica e a teoria da relatividade, assim como os erros inerentes ao sistema, são descritos e exemplificados numericamente. Ao final, uma tarefa prática visando o melhor entendimento e familiarização com o sistema é sugerida. A partir da realização da atividade com estudantes de graduação em física, algumas observações são feitas com o objetivo de orientar a execução da mesma.

5.3 PROPOSTAS DIDÁTICAS

Esta categoria trata-se de trabalhos que apresentam propostas didáticas no ensino de física moderna e contemporânea, mas que não apresentam a constituição de dados referente a abordagem de ensino descrita. Sendo assim, seguem abaixo os trabalhos encontrados e uma síntese a respeito dos mesmos.

Schulz (2007) traz neste artigo uma série de experimentos e atividades de baixo custo para se fazer em casa ou em sala de aula, afim de deixar os conceitos envolvidos na física da nanociência mais compreensíveis e divertidos.

No trabalho de Betz et al (2009) é apresentada um recurso eletrônico destinado a apoiar o ensino e facultar o estudo independente da dualidade onda-partícula na física quântica com a utilização do interferômetro de Mach-Zehnder. O material está organizado em "objeto de aprendizagem", cujo elemento central é uma animação interativa e comentada. Textos auxiliares apresentam o formalismo matemático subjacente bem como informações de caráter histórico, epistemológico e experimental.

Cordeiro e De Quadro Peduzzi (2010) abordam a inserção da Física Moderna através da utilização das Conferências Nobel em sala de aula. Lá também é possível acessar a bibliografia do cientista de maneira mais confiável. No presente trabalho, Oliveira (2011) apresenta, de modo didático e pedagógico, algumas características de um sistema de férmions interagindo com um campo de calibre em $(2+1)$ dimensões. Os autores argumentam que este procedimento, apesar de utilizar métodos de teoria quântica de campos, pode ser abordado por estudantes de graduação em física nos cursos que discutem temas de relatividade restrita e teoria quântica.

O artigo de Melhorato e Nicoli (2012) apresenta a construção de um experimento de baixo custo para demonstrar conceitos essenciais de quantização de energia, modelo corpuscular da luz e condução de eletricidade em sólidos aos estudantes do terceiro ano de Ensino Médio, auxiliando de forma significativa na explanação de tópicos de física moderna. A proposta é que o trabalho realizado não só irá contribuir na explanação de tais conteúdos, mas poderá despertar o interesse à investigação científica bem como entender como a física moderna está presente no cotidiano. O modelo construído é apenas uma proposta para explanação de conteúdos abordados no Ensino Médio, visto que,

poderá ser utilizado pelo docente em aulas introdutórias em cursos de graduação. O modelo segue outros estágios de aprimoramento para linhas de pesquisa mais investigativas aos estudantes de graduação em física.

O trabalho, Pereira (2012) apresenta uma discussão sobre os postulados da física quântica a partir de uma “tradução” do formalismo matemático para uma linguagem “operacional”, a qual envolve uma discussão conceitual e fenomenológica. Os postulados operacionais são ilustrados com a ajuda de uma simulação computacional do interferômetro de Mach-Zehnder.

Considerando-se a importância da inserção da Física Moderna e Contemporânea no currículo de Física do Ensino Médio, o trabalho de Silva e Assis (2012) propõe uma atividade experimental, confeccionada com materiais de baixo custo, que aborda o efeito fotoelétrico. Essa atividade pode ser utilizada de forma contextualizada, articulando-se esse fenômeno com algumas aplicações tecnológicas vivenciadas pelos estudantes no seu cotidiano.

José et al (2013) é apresentada uma visão geral sobre a programação quântica, de maneira acessível a estudantes de graduação em Física. São tratados os modelos que servem de base para a programação quântica, seguidos de descritivo resumido sobre as principais linguagens de programação quântica. Completando a apresentação, o funcionamento de um programa quântico é discutido, contextualizando-se a importância da programação, no âmbito da computação quântica.

Através de uma abordagem multidisciplinar, Pimentel (2014) propõe neste trabalho a observação da fluorescência que se verifica em alguns materiais, objetos e seres vivos como atividade para que os estudantes sejam levados a perceber a existência de interação entre disciplinas que geralmente não são correlacionadas em sala.

Erthal et al (2014) apresenta e explicita a confecção e montagem de um globo de plasma alternativo, produzido com material de fácil acesso, podendo esse ser reproduzido facilmente por professores e estudantes. O aparato tem o potencial de subsidiar discussões norteadas pelos temas estruturadores propostos em documentos oficiais brasileiros, de forma contextualizada, relacionando o fenômeno com a natureza e com aplicações tecnológicas presentes no cotidiano dos estudantes.

Pinheiro (2015) apresenta neste artigo a construção de uma câmara de nuvens e sugestões na utilização deste em temas que compõem o currículo da disciplina de Física da maioria das escolas brasileiras de maneira a possibilitar a integração da física Moderna e a Física Clássica.

Dos Santos et al (2015) apresentam um método experimental para a determinação da constante de Planck, baseado na medição da corrente de descarga de um capacitor sobre um light-emitting diode (LED), sem o uso de resistores. Para tanto, foi utilizado um capacitor ligado em paralelo a um LED e foi observado a tensão no capacitor durante sua descarga juntamente com a corrente que passa através do amperímetro, ligado em série ao LED. No instante em que a corrente se torna zero, a tensão aplicada sobre o LED corresponde à tensão de corte, pela qual podemos determinar a constante de Planck. Além disso, foi discutido alguns conceitos importantes a respeito dos aspectos quânticos do funcionamento do LED e apresentado os resultados obtidos a partir desta metodologia, com algumas discussões.

Buscando construir uma ligação entre a introdução à física moderna e a introdução a técnicas básicas de programação, Da Silva (2016) descreve como gerar figuras que representam, através de um pontilhado ou uma escala de cores, as densidades de probabilidade para o elétron em um átomo de hidrogênio. A implementação é feita em HTML/CSS/JavaScript, uma tecnologia extremamente versátil e acessível que constitui a base de todo o conteúdo na internet hoje, incluindo muitos ambientes educacionais virtuais.

De Souza e Dos Santos Neves (2016), apresentam neste trabalho uma proposta de ensino de Física Quântica em escolas do Ensino Médio através da análise fabular, científica e metafórica da obra Alice no País do Quantum: A Física Quântica ao alcance de todos. O livro paradidático deve ser considerado como um material de suporte ao livro didático complementando as atividades que propiciem o desenvolvimento do entendimento de conceitos não contemplados numa abordagem de senso comum.

No trabalho de Fanaro *et al* (2016) é apresentado um conjunto de situações que compõem uma sequência projetada para ensinar conceitos relacionados à luz, que incluem e enfatizam seu aspecto quântico, a fim de promover sua conceituação em estudantes do último ano do ensino médio.

O artigo de Ferreira e De Souza Filho (2016) é a constituição de dois trabalhos que analisa o experimento virtual da dupla fenda. Neste trabalho (Parte I), é tratado a análise clássica do comportamento (corpúscular e ondulatório). Inicialmente, foi analisado uma metralhadora, que dispara balas (corpúsculos) em uma parede com dois orifícios separados por uma longa distância, tendo ao fundo um anteparo no qual será possível verificar a chegada dos projéteis. Em seguida, foi analisado o comportamento ondulatório do experimento da dupla fenda com o auxílio de um software.

Silveira e Girardi (2017) descrevem a construção e o funcionamento de um kit experimental de baixo custo para demonstrar o efeito fotoelétrico. Para isso, é utilizado a plataforma Arduino para o controle e interfaceamento com o computador, bem como um pico-amperímetro com amplificador operacional de alto ganho e impedância. Uma interface gráfica para computadores e dispositivos móveis foi desenvolvido a fim de controlar o experimento e exibir os dados obtidos em tempo real. São também apresentadas as aplicações do kit no estudo do efeito termiônico e da condutividade elétrica do plasma.

Visando uma das principais dificuldades para o Ensino de Física Moderna, a pouca difusão da experimentação, principalmente para o ensino de Física Nuclear, seja no Ensino Médio ou no Superior, Boff (2017) propõe duas práticas de Física Nuclear experimental utilizando uma câmara de ionização de baixo custo: i) a medida de filhos do Radônio-222 coletados do ar de ambientes fechados, ii) e a medida do alcance de partículas alfa emitidas pelos filhos do Tório-232 presentes em camisinhas de lampião. O artigo mostra os procedimentos experimentais e os resultados esperados, indicando que as práticas podem servir de suporte para aulas de Física Nuclear.

No trabalho de Camargo et al (2017) é apresentado um experimento simples explorando a polarização de um feixe laser intenso para simular a distribuição de uma chave criptográfica através do protocolo BB84 de criptografia quântica. Dessa forma, o experimento permite um entendimento direto do princípio de funcionamento do protocolo. O experimento pode ser realizado em laboratórios didáticos dos cursos de graduação em Física e Engenharias bem como em espaços de divulgação científica.

Eberhardt (2017) apresenta uma experimentação destinada ao ensino de Física Moderna no Ensino Médio, especificamente o Efeito Fotoelétrico, e visa a instrumentalizar o professor ou servir como inspiração para a proposição de atividades didáticas. A experimentação descrita se fundamenta na exposição de uma lâmpada néon às luzes de diferentes comprimentos de onda emitidas por LEDs variados. São discutidas também partes da história do Efeito Fotoelétrico, características de experimentos assemelhados que utilizam lâmpadas de luz ultravioleta, a função trabalho dos metais dos eletrodos e a energia de ionização dos gases no interior da lâmpada.

Dos Santos Batista e Da Purificação Siqueira (2017) apresentam uma sequência de ensino-aprendizagem sobre o tópico radioatividade, forjada nos pressupostos teórico-metodológicos da Pesquisa Baseada em Projeto e da Sequência de Ensino-Aprendizagem, que implementada em escolas públicas, produziu conhecimentos relevantes a serem compartilhados com a comunidade do ensino de Física. A proposta permite que professores e pesquisadores possam compreender questões sobre como, quando e por quê, de fato, a inserção da Física Moderna e Contemporânea pode ocorrer de forma não tradicional.

Medeiros (2017) apresenta neste texto, de uma forma leve e introdutória, a complexa questão das origens históricas da Teoria da Relatividade Geral de um modo pretensamente divertido como uma entrevista fictícia com Albert Einstein. Neste contexto é discutido o conceito da constante cosmológica dando espaço para um artigo seguinte, a ser publicado na próxima edição da revista Física na Escola como uma sequência desta conversa construída.

Parisoto et al (2017) utilizam situações de física que envolvem equipamentos tecnológicos da medicina, visando fornecer sentido aos conceitos, partindo sempre dos conhecimentos prévios dos estudantes e dos encontrados na literatura. Para isso, é elaborado uma proposta, dividida em cinco encontros, nos quais os autores, usam como estratégias de ensino, dentre outras, organizadores prévios, situações-problema, modelagem computacional, filmes, simulações computacionais, confecção de mapas conceituais e de painéis.

Videira e Francisquini (2018) apresentarem uma proposta da constituição da Física de Partículas como disciplina científica. Por meio desse, mostrar como

questões epistemológicas podem ser discutidas durante a formação dos professores a fim de obterem uma visão mais clara sobre os processos pelos quais a ciência se desenvolve.

Netto et al (2018) apresentam um conjunto de atividades didáticas, as quais podem ser utilizadas como ferramentas mediadoras no processo de ensino-aprendizagem para explorar conceitos de Física Quântica a partir da simulação computacional do Interferômetro de Mach-Zehnder.

O trabalho de Da Silva Lima e Giordan (2018) apresentam um modelo para compreender o movimento docente para o uso da divulgação científica (DC) em sala de aula. Para tanto, o trabalho se fundamenta na teoria da atividade e analisa, a partir dos sistemas de atividades, como o professor interage com a DC. O modelo destaca quatro sistemas de atividades em que professores atuam, suas interações e desdobramentos, que estão alocados em diferentes níveis hierárquicos.

Azevedo et al (2019) reportam a confecção e a aplicabilidade de um espectrômetro óptico de baixo custo como recurso didático para a introdução de conceitos de Física Quântica no ensino médio. O protótipo foi desenvolvido usando grade de difração comercial, lentes convergentes (lupas), webcam e o software Tracker para extração dos dados. Espectros de emissão de fontes luminosas, como lâmpada fluorescente, LEDs e lasers, foram coletados e suas potencialidades para subsidiar a introdução dos conceitos de níveis eletrônicos, banda de energia proibida emissão e absorção de fótons, etc., foram exploradas. Foi proposto também uma atividade experimental com base na foto excitação de LEDs para tratar da relação entre energia do fóton e seu comprimento de onda. Por fim, é mostrado que o protótipo pode ser satisfatoriamente empregado para a obtenção de espectros de absorção, os quais podem ser usados como elemento motivador para o estudo da interação entre radiação e matéria.

O artigo de Ferreira e De Souza Filho (2019) é a constituição de dois trabalhos que analisam o experimento da dupla fenda virtual. O presente artigo (Parte II) aborda o comportamento quântico da luz. O processo metodológico se dividiu em três etapas: (i) análise do comportamento de um feixe de luz que atravessou uma parede com duas fendas com o auxílio de experimentos virtuais. (ii) Em seguida, utilizando o mesmo experimento, mas agora com fótons

individuais. (iii) a acoplagem de um detector próximo às fendas para descobrir o fenômeno associado. Nesta situação, diferente das anteriores, os fótons se comportaram como partículas (corpúsculos) e com o objetivo de explicar estes resultados, foi utilizado a notação de brackets proposta por Paul Dirac, o qual permite representar os vetores de estado matematicamente, o que ocorre no experimento da dupla fenda com objetos quânticos. Devido à complexidade matemática ao nível médio intrínseca à essa notação, foi feita uma transposição didática deste recurso matemático para este nível de ensino.

5.4 PESQUISAS BIBLIOGRÁFICAS

Esta categoria refere-se aos trabalhos que tratam de pesquisas bibliográficas na área de ensino de física. Sendo os materiais de pesquisa livros, artigos, jornais, documentos oficiais, etc. Sendo assim, seguem abaixo os trabalhos encontrados e uma síntese a respeito dos mesmos.

Costa et al (2007) apresenta neste trabalho uma breve bibliografia de Salvador Dalí e a influência socio-científica, mais precisamente a nova visão de mundo com a vinda da mecânica quântica, nas obras do pintor.

Medeiros (2007) apresenta a bibliografia do pioneiro Eric Rogers, do ensino de Física pelo ensino para a compreensão, trazendo, neste trabalho curiosidades sobre o mesmo e resultados das pesquisas recentes nesta área de ensino.

Pereira e Ostermann (2009) apresentam uma revisão da literatura sobre o ensino de física moderna e contemporânea realizada através da consulta a artigos publicados nas principais revistas de ensino de ciências do Brasil e do exterior no período de 2001 a 2006. A pesquisa concentrou-se nos trabalhos direcionados ao ensino e resultou numa amostra de 102 artigos.

Tendo em vista o panorama político e econômico mundial e as tendências educacionais contemporâneas, Sousa et al (2010) propõe sugerir temas alternativos em Física Nuclear que podem ser debatidos em nível conceitual no Ensino Médio, onde o foco principal reside na importância histórica e tecnológica de tais fenômenos na sociedade.

Com o intuito de verificar quais as contribuições da pesquisa em Ensino de Ciências e qual a natureza destas contribuições para que a Física Quântica possa ser trabalhada no Ensino Médio, Da Silva e De Almeida (2011) revisaram

artigos científicos que tratam do ensino da Física Quântica nesse nível de ensino. Ao todo, foram vinte e três trabalhos encontrados em periódicos nacionais e internacionais e apesar de terem sido verificadas contribuições de diversas naturezas, ainda há uma necessidade da realização de mais trabalhos direcionados ao professor de Física do Ensino Médio.

O trabalho de Domingui (2012) tem como objetivo de pesquisa localizar em livros didáticos de física disponibilizados pelo Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM) a opinião dos autores sobre a inserção da física moderna no Ensino Médio.

Tomando como ponto de partida o trabalho de Ostermann e Moreira (2000) e seguindo até o final do ano de 2014, Silva e Errobidard (2015) neste trabalho tem por objetivo apresentar o resultado de uma pesquisa bibliográfica relacionada exclusivamente ao ensino do efeito fotoelétrico no ensino médio, realizada em periódicos nacionais e internacionais da área de ensino e educação. Foram identificados 41 artigos, sendo estes classificados em oito categorias: (A) Fundamentação teórica e conceitual do efeito fotoelétrico; (B) Descrição de analogias e situações de contextualização do efeito fotoelétrico; (C) Aspectos de História e Filosofia da Ciência (HFC) com relação ao efeito fotoelétrico; (D) Propostas ou relatos do ensino do efeito fotoelétrico mediados por simulação computacional; (E) Propostas ou relatos do ensino do efeito fotoelétrico mediados por HFC; (F) Propostas ou relatos do ensino do efeito fotoelétrico mediados por experimentação e (G) Análise de livros didáticos ou manuais com relação à abordagem do efeito fotoelétrico. Os resultados indicaram que a maioria dos trabalhos publicados relatam propostas a serem utilizadas em sala de aula mediante a utilização de simulação computacional ou experimentação ou aspectos de História e Filosofia da Ciência (HFC). Porém, poucos pesquisadores efetivamente têm investigado o processo de construção dos conceitos físicos presentes no modelo corpuscular para a luz.

O trabalho de Hilger e Moreira (2016) apresenta como objetivo traçar um panorama de publicações na área de ensino de Física que focam as representações sociais através de uma revisão de literatura sobre representações sociais relacionadas ao ensino de Física. A pesquisa mostra um número reduzido de trabalhos sobre essa temática.

Jardim e Guerra (2017), através de uma revisão bibliográfica, entre os períodos de 2001 a 2016 em websites de seis periódicos de grande relevância nacional para a área do Ensino de Física, apresentam uma discussão acerca dos objetivos de ensino encontrados na literatura relacionada ao trabalho com experimentos históricos.

O trabalho de De Moura e Dos Santos (2017) tem como objetivo identificar termos que possam ajudar os leitores, em especial os professores do ensino médio, a reconhecer se um livro trata de mecânica quântica ou misticismo oriental, antes mesmo de lê-lo, ajudando a quebrar o círculo vicioso de estudantes que aprendem pseudociência e a transmitem como verdade devido ao grande número de títulos que possuem a palavra “quântica” em livrarias. A pesquisa se constituiu de catálogos on-line das quatro maiores livrarias do Brasil utilizando-se das palavras “quântica” ou “quântico” em seus títulos ou em suas sinopses.

Com o objetivo de avaliar quais são as abordagens utilizadas pelos autores para introduzir a Física Quântica, quais os conceitos apresentados e quais visões epistemológicas são veiculadas nessas apresentações, Lima et al (2017) utilizam-se da Filosofia da Linguagem de Mikhail Bakhtin como referencial teórico metodológico para analisar quatorze obras de Física aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático do Ensino Médio em 2015.

Lima et al (2018) apresentam um trabalho de Sociologia Simétrica da Educação em Ciências a partir de um quadro teórico que articula as filosofias de Bruno Latour e de Mikhail Bakhtin fazendo uma análise metalinguística dos textos sobre Física Quântica presentes nos livros de Física aprovados no PNLDEM 2015 em dialogia com as interpretações filosóficas do fóton em artigos científicos. Apresentam também as relações dialógicas existentes entre diferentes discursos científicos e didáticos, explicitando a reelaboração de sentido existente em todo texto.

A partir dos Estudos das Ciências de Bruno Latour, Lima et al (2019) fazem uma reflexão sobre as bases metafísicas de tais perspectivas e apresentamos uma explicação de como se dá a formação da “pós-verdade” através de dois mecanismos distintos: a apresentação de uma visão reduzida da

natureza da ciência e o apagamento da rede que sustenta proposições científicas.

5.5 LEVANTAMENTO DE CONCEPÇÕES E DADOS

Esta categoria refere-se aos trabalhos que abordam assuntos relacionados a pesquisa em ensino de física e que possuem enfoque na análise/constituição de dados. Sendo assim, seguem abaixo os trabalhos encontrados e uma síntese a respeito dos mesmos.

Karam et al (2007) apresentam neste trabalho parte de uma sequência didática que objetivou abordar tópicos da teoria da relatividade restrita com estudantes do primeiro ano do ensino médio. Nesta, foi promovida uma discussão a respeito do tema e posteriormente, um questionário.

O artigo de Sales et al (2008) apresenta resultados relacionados ao desenvolvimento de atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física quântica, com a utilização do objeto de aprendizagem (OA) chamado Pato Quântico. Este OA representa uma metáfora do efeito fotoelétrico e possibilita o cálculo da constante de Planck. Um estudo mostrou que a construção ou a manipulação de um modelo não depende exclusivamente de como os estudantes dominam a lógica empregada na ferramenta computacional, mas sim do entendimento sobre o fenômeno físico e suas habilidades em relacioná-lo com o objetivo da atividade desenvolvida

O artigo de Camargo et al (2010) busca compreender as principais barreiras para a inclusão de estudantes com deficiência visual no contexto do Ensino de Física. O estudo analisa as dificuldades comunicacionais entre licenciados e discentes portadores de tal deficiência.

Coelho e Borges (2010) relatam um estudo sobre o desenvolvimento do pensamento dos estudantes a respeito da natureza da luz em um ambiente curricular no qual os conteúdos são organizados de forma recursiva e em espiral. Neste trabalho, os autores investigam a mudança no entendimento dos estudantes sobre a natureza da luz e o patamar de entendimento dos estudantes sobre essa temática. Os resultados indicaram que os estudantes possuíam um alto conhecimento prévio e as experiências que eles vivenciaram nesse período produziram efeitos significativos para o progresso nos modelos dos mesmos.

O trabalho de Junior et al (2011) buscou investigar a construção de lideranças através de uma dinâmica discursiva a respeito de um debate sobre MQ entre graduandos em Física e, nesse, buscou possíveis relações com a diferença de gênero entre os participantes.

No trabalho de Pereira e Ostermann (2012) é apresentado um estudo a respeito da mediação textual no Ensino de Ciências. O objetivo é analisar como tais recursos podem auxiliar nas explicações sobre MQ de futuros docentes na área de Física.

O trabalho de Da Silva et al (2013) consiste no estudo de como a permuta dos conhecimentos pode subsidiar um processo de interações, e como acontecem os diálogos entre professores de física envolvidos em um grupo de estudo de FMC.

O trabalho de Moraes e Guerra (2013) objetiva abordar o ensino de energia em um curso de física de primeira série do Ensino Médio. Os resultados da pesquisa apontam que o uso da história e filosofia da ciência como eixo condutor do projeto pedagógico, possibilitou trazer à sala de aula discussões em torno do processo de construção da ciência que possibilitaram o estudo de questões de física moderna relacionadas ao conceito de energia.

O principal objetivo do trabalho produzido por Ramos e Scarinci (2013) é de investigar quais são as concepções que os estudantes do 1º ano Ensino Médio possuem sobre tempo e espaço e quais os obstáculos epistemológicos existentes para a aprendizagem e qual a influência que o Ensino de Física possui na construção desses conceitos.

Na tentativa de estabelecer o que é considerado real ou aparente, Barbosa et al (2014) apresentam neste trabalho uma investigação a respeito dos elementos que compõem o espaço e o tempo, os quais, em função de seu caráter basilar, permitem estabelecer mais claramente suas diferenças e similitudes em três concepções distintas (míticas, psicanalítica e a física).

Da Silva Netto et al (2015) apresentam os resultados parciais de uma pesquisa, na qual foram feitas investigações de estratégias discursivas adotadas por professores em formação na compreensão de alguns conceitos fundamentais de Física Quântica em atividades didáticas mediadas pelo software Interferômetro Virtual de Mach-Zehnder.

O trabalho de Silva et al (2015) é composto por duas partes as quais consistem na introdução da FMC no Ensino Médio: (i) uma síntese do paradoxo de Einstein, Podolsky e Rosen, com intuito de esboçar suas possibilidades para a física escolar; (ii) as potencialidades perante estudantes universitários ao produzirem sentidos sobre o assunto a partir da leitura de fragmentos de um texto de divulgação científica.

Pessanha e Pietrocola (2016) apresentam um estudo que revela diferentes aspectos didáticos relacionados a inserção da FMC,mc através do ensino do tópico “estrutura da matéria e os aceleradores de partículas”.

Rocha e Ricardo (2016) apresentam, através de uma pesquisa qualitativa, como as crenças de auto eficácia de alguns professores a respeito de seu trabalho com FMC influenciam o seu cotidiano escolar. A coleta dos dados possibilitou verificar que: i) os professores que demonstraram maiores índices de crenças de auto eficácia são mais propensos ao trato com a FMC em suas aulas, de modo a buscarem alternativas para lidar com as dificuldades presentes em seu cotidiano; ii) diferentes níveis de crenças de auto eficácia podem levar os indivíduos a interpretações distintas de situações semelhantes; iii) a precária formação ligada a FMC é um fator que atua sobre as crenças de auto eficácia pessoal dos professores.

O trabalho de Da Silva e Zanotello (2017) trata-se de uma pesquisa empírica e qualitativa que investiga o uso de textos de divulgação científica (TDC) para abordar temas controversos relacionados à física contemporânea no ensino médio. O objetivo principal consiste em analisar os sentidos construídos pelos estudantes a partir da leitura dos TDC, organizada através de roteiros que solicitam respostas por escrito a questionários e a realização de seminários em sala de aula.

O trabalho de Rabelo e Costa (2018) consistiu em analisar um processador quântico real, capaz de ser acessado remotamente pela internet através de uma plataforma desenvolvida pela empresa de tecnologia IBM, chamado IBM-Q como um recurso pedagógico na aplicação de conceitos da computação quântica. Os resultados analisados estão de acordo com as previsões teóricas e demonstram a eficácia do processador como recurso

pedagógico quando o mesmo é voltado para a execução de blocos simples de circuitos quânticos.

Da Silva e al (2019) apresenta os resultados de uma pesquisa de doutorado envolvendo o estudo do emaranhamento quântico na disciplina de FMC de um curso de Licenciatura em Física. Buscando compreender quais são os recursos utilizados e as dificuldades enfrentadas pelos futuros professores ao propor uma explicação para o fenômeno.

O trabalho de De Lima e Ricardo (2019) tem por objetivo investigar o Ensino de MQ no Ensino Médio por meio da abstração científica criada na interface física e literária. O desenvolvimento dos conceitos sobre o mesmo ocorreu por meio de duas leituras (i) tratou do capítulo XVIII da Era dos Extremos de Hobsbawm, objetivando a inserção filosófica, histórica, política e social sobre o surgimento da Física Quântica; (ii) ocorreu por meio da leitura dos três capítulos iniciais de Alice no País do Quantum de Gilmore, visando os conceitos físicos de Mecânica Quântica.

5.6 ARTIGOS DIVERSOS

Esta categoria refere-se aos trabalhos que não se encaixavam nas categorias anteriores, mas que contribuem para o ensino de física podendo ser utilizados por professores nas abordagens de novos conteúdos em sala de aula. Tais trabalhos, geralmente, possuem como foco a discussão ou apresentação de um assunto na área da ciência. Sendo assim, seguem abaixo os trabalhos encontrados e uma síntese a respeito dos mesmos.

Rivelles (2007) traz neste artigo, utilizando-se de uma linguagem bem acessível e imagens, um resumo do que seja a Teoria das Cordas, desde as partículas elementares até as abstratas branas, e seu objetivo na contribuição para a ciência.

Rodrigues Júnior (2007) fala neste trabalho a respeito da radiação eletromagnética em um âmbito geral. Ou seja, desde a radiação de fundo, aquela que o Universo emite, até as usadas por nós em casa nos aparelhos eletrodomésticos ou telefones celulares.

Damasio e Pacheco (2009) abordam sobre os misteriosos Buracos Negros, tratando desde as ideias primordiais até as leis e fenômenos físicos dos

mesmos. Citando ainda autores que contribuíram para a formação de teoria a respeito desses.

No trabalho de Pereira (2011) a autora aborda o funcionamento do LHC de maneira detalhada se utilizando de desenhos esquemáticos e conceitos físicos. Tudo de maneira bem compreensiva e acessível para aqueles que possuem curiosidade, mas não dominam a física. Além de trazer explicações sobre a ciência produzida no mesmo.

Neste trabalho, Vanzella (2016) aborda sobre os 100 anos da apresentação da Teoria da Relatividade de Einstein, explicando os principais conceitos e consequências por trás dessa nova maneira de ver a nossa realidade.

6 O USO DE TIC EM SALA DE AULA

As TIC possuem um papel de grande significância nas salas de aula, visto que enriquecem, em termos de acessibilidade, flexibilidade e diversidade de informação, as práticas pedagógicas. Facilitam, ainda, os processos de compreensão de conceitos abstratos e fenômenos diversos através da associação de diferentes tipos de representações que vão desde o texto, à imagem fixa e animada, ao vídeo e ao som. No entanto, tais tecnologias não podem ser interpretadas como sendo a solução para todos os males que o ensino vem sofrendo, pois o mesmo quando usado de maneira equivocada, pode-se tornar um problema ainda maior (CHAGAS, 2001).

O potencial que as TIC possuem vem da capacidade de reestruturar os currículos e as pedagogias de ensino, pois tais tecnologias facilitam o acesso a um imenso conjunto de informação e recursos cuja utilização implica no desenvolvimento de capacidades de avaliação, de interpretação e de reflexão crítica do estudante (OSBORN & HANNESSY, 2003). A utilização das TIC, atualmente, resume-se a ferramentas de coleta e processamento de dados, software multimídia, sistemas de informação, ferramentas de edição de texto e de apresentação e tecnologia para projeção (OSBORN & HANNESSY, 2003).

De maneira geral, os principais benefícios do uso das TIC no ensino das ciências são que: (i) o ensino das ciências torna-se mais interessante, autêntico e relevante; (ii) há mais tempo dedicado à observação, discussão e análise e (iii) existem mais oportunidades para implementar situações de comunicação e colaboração (SANTOS, 2007).

No entanto, ao olhar para o ensino de FMC deve-se ter considerações importantes, pois existe uma dificuldade de transpor didaticamente os conteúdos que a compõe. Então, é preciso discutir os conceitos envolvidos na transposição didática, considerando o contexto e as condições da FMC e que nela implicam.

7 TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

A ideia de Transposição Didática originalmente surgiu com o sociólogo Michel Verret em 1975, e foi utilizada e explorada por Yves Chevallard em sua obra “La transposición didáctica” (BROCKINGTON & PIETROCOLA, 2005, p. 388).

Chevallard (1991) usou a ideia de transposição para explicar como os conceitos se originam até chegarem à sala de aula, ou seja, do conhecimento “bruto” à lapidação do mesmo para que esse se torne acessível ao estudante e dessa forma esse se aproprie dessa “transmissão” de conhecimento adquirido e possa, futuramente, gerar novos. Yves Chevallard chama o conhecimento produzido pelo cientista de “**saber sábio**”. Já o **saber a ensinar** é aquele que já aparece modificado nos materiais didáticos, e o **saber ensinado** é o realizado em sala de aula (CHEVALLARD, 1991).

Um ponto significativo da transposição dos saberes é que esse não pode ser considerado uma mera simplificação ou redução de nível para se fazer compreensível o conhecimento ao estudante. Chevallard deixa claro que o saber sábio resiste, em forma de processos ou transformações, até chegar à sala de aula. Pode-se imaginar os três saberes como conjuntos que possuem uma intersecção, a qual Chevallard chama de noosfera, e é nela que a mediação do conhecimento é feita e o saber final ou saber ensinado persiste.

Diante das ideias de Chevallard, Astolfi (1995) propôs algumas regras ou “padrões” que podem ajudar na transposição didática de um saber. São elas:

- i - Modernizar o saber escolar;
- ii - Atualizar o saber escolar;
- iii - Articular o saber novo com o antigo;
- iv - Transformar um saber em exercícios e problemas;
- v - Tornar um conceito mais compreensível.

É com base nesse cenário de ideias e pesquisas que o presente trabalho contribui ao criar um material de apoio direcionado à área de Cosmologia, no intuito de oferecer aos estudantes e professores uma proposta de abordagem para se ensinar e aprender física nas escolas do Ensino Médio.

8 METODOLOGIA

8.1 Concepção de Pesquisa

O presente trabalho consiste em uma pesquisa voltada ao estudo de campo, ao qual se caracteriza pelo aprofundamento de uma realidade específica e foi basicamente realizada por meio da observação direta das atividades do grupo estudado e da utilização de entrevistas, visando assim captar as explicações e interpretações do que ocorrem naquela realidade (GIL, 2008).

8.2 Produção do Material

Inicialmente, uma pesquisa quantitativa foi realizada nos principais periódicos e revistas que tratam a respeito do Ensino de Física e Ciências. Após reunido esse material, foi categorizado em seis grupos: i) História da Física e da Ciência, ii) Propostas Didáticas Testadas em Sala de Aula, iii) Propostas Didáticas, iv) Pesquisas Bibliográficas, v) Levantamento de Concepções e Dados, vi) Artigos Diversos.

Em seguida, visando relacionar os conteúdos dos capítulos com os assuntos tratados na Cosmologia, uma breve análise do livro utilizado pelo colégio em questão foi realizada. Finalizado isso, deu início a produção do material de apoio para as aulas básicas de física para o segundo ano do EM.

8.3 Constituição de Dados

Os dados foram obtidos de duas maneiras e em etapas diferentes.

8.3.1 *Diário de Bordo*

A amostragem de comportamentos requer a observação de um grupo num determinado contexto. Em determinado período ocorre um comportamento particular e sua ocorrência é registrada com observações a respeito dos indivíduos. Este tipo de amostragem pode assumir duas formas: registro contínuo e amostragem temporal. [...] Na amostragem temporal, as observações são registradas periodicamente, sendo que os momentos de amostragem são selecionados aleatoriamente (GIL, 2008, p. 107).

Tal método foi utilizado durante o lecionamento das aulas com a utilização do material de apoio, e foi registrado em momentos que o avaliador percebeu algo que tivera relevância para a pesquisa.

8.3.2 Entrevista

Enquanto técnica de coleta de dados, a entrevista é bastante adequada para obtenção de informações acerca do que as pessoas sabem, creem, esperam, sentem ou desejam, pretendem fazer, fazem ou fizeram, bem como acerca das suas explicações ou razões a respeito das coisas precedentes (SELLTIZ et al., 1967, p. 273).

A utilização da entrevista na pesquisa social deve-se a uma série de razões, entre as quais cabe considerar:

- a)** a entrevista possibilita a obtenção de dados referentes aos mais diversos aspectos da vida social;
- b)** a entrevista é uma técnica muito eficiente para a obtenção de dados em profundidade acerca do comportamento humano;
- c)** os dados obtidos são suscetíveis de classificação e de quantificação.

Ainda comparada com o questionário, que é outra técnica de largo emprego nas ciências sociais apresenta outras vantagens:

- a)** não exige que a pessoa entrevistada saiba ler e escrever;
- b)** possibilita a obtenção de maior número de respostas, posto que é mais fácil deixar de responder a um questionário do que negar-se a ser entrevistado;
- c)** oferece flexibilidade muito maior, posto que o entrevistador pode esclarecer o significado das perguntas e adaptar-se mais facilmente às pessoas e às circunstâncias em que se desenvolve a entrevista;
- d)** possibilita captar a expressão corporal do entrevistado, bem como a tonalidade de voz e ênfase nas respostas (GIL, 2008).

8.3.3 Entrevista Focalizada

Esse tipo de abordagem dá foco em um tema específico. O entrevistador permite ao entrevistado falar livremente sobre o assunto, mas quando este se desvia do tema original, esforça-se para a sua retomada. Este tipo de entrevista é bastante empregado em situações experimentais, com o objetivo de explorar a fundo alguma experiência vivida em condições precisas. Também é bastante utilizada com grupos de pessoas que passaram por uma experiência específica, como assistir a um filme, presenciar um acidente, etc.. Nestes casos, o

entrevistador confere ao entrevistado ampla liberdade para expressar-se sobre o assunto. (GIL, 2008)

Tal método foi utilizado com o professor regente e teve uma periodicidade de uma entrevista após a aplicação de cada aula. Em tais entrevistas, foram realizadas perguntas constituindo a percepção do professor em relação as abordagens feitas e a relação dos estudantes com o material.

9 APLICAÇÃO DO MATERIAL

A aplicação do material desenvolvido se deu durante os dias 04 de março a 28 maio de 2019 nas aulas do Professor Mestre Eduardo Massahiko Higashi de Física do Ensino Médio em uma escola pública da região de Curitiba. Esta aplicação foi realizada pelo autor deste trabalho, buscando seguir os planos de aula da sequência didática presentes no apêndice A e seguindo o material produzido no apêndice B.

O próximo subitem se refere as aplicações dos planos de aula em uma turma do 2º ano do Ensino Médio regular junto as observações feitas pelo autor coletadas durante as mesmas. O método utilizado para tal foi o de análise de conteúdo. Esse método é uma técnica de pesquisa que visa uma descrição do conteúdo de maneira objetiva, sistemática e quantitativa. Quando se trata dados qualitativos, o mesmo é muito utilizado, uma vez que busca o sentido ou os sentidos de um documento tomando como base de análise o contexto estabelecido em conjunto com a questão de pesquisa (CAMPOS, 2004).

9.1 APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

As respectivas aulas eram iniciadas com a chamada realizada pelo professor regente, seguida pela apresentação do autor. O material de apoio desenvolvido era encaminhado previamente aos estudantes e ao professor regente via e-mail, sendo atualizado mediante as necessidades. Assim, os mesmos tinham a possibilidade de acompanhar a aula com mais facilidade, tendo em vista a leitura prévia do material elaborado.

A aplicação iniciou-se no dia 04 de março e contou com a participação de 21 estudantes do sexo masculino e 09 do sexo feminino. Nesta aula foi feita a dinâmica indicada no material a respeito da sensação térmica e a imprecisão com a medição real da temperatura. Quando questionado aos estudantes se tinha ficado claro o porquê de os objetos não poderem estar com temperaturas diferentes, visto que estavam em equilíbrio térmico com o meio, muitos questionaram a veracidade disto. Após a exemplificação deste com a ilustração contida nas páginas 05 e 06 do material, os estudantes relataram melhor compreensão. Um deles afirmou: “a cor do corpo em equilíbrio ser a mistura das cores dos outros corpos facilita a visualização”. Outro estudante ainda disse: “Sim, eu entendi. A vibração final é média das vibrações anteriores”, se referindo

a imagem 2 do material. Ainda nesta aula foi abordado os diferentes tipos de transferência de calor e não se percebeu grandes dificuldades quanto ao entendimento desses por partes dos estudantes. Aliás, alguns deles mostraram-se bastante interessados, relatando ainda que se questionavam a maneira como o Sol aquecia a Terra. Mais ao final da aula, iniciou-se uma discussão, gerada pelos próprios estudantes, quanto ao Aquecimento Global o que permitiu aprofundamento do respectivo tema até o término da mesma.

A segunda aula ocorreu no dia 12 de março e contou com a participação de 19 estudantes do sexo masculino e 08 do sexo feminino. Nesta aula a física por trás da construção do termômetro e as diferentes escalas de temperaturas existentes usadas neste foram abordadas. Um estudante mencionou que tivera curiosidade em relação as unidades usadas por diferentes países e sabia a conversão para as três escalas apresentadas. Ainda nesta aula, houve abstração, por parte de dois estudantes, quanto a dilatação do líquido utilizado para a construção do equipamento. Foi questionado: “Professor, como que aumenta a quantidade do líquido dentro do termômetro?”. Com o auxílio do professor regente, a pergunta foi respondida com satisfação. Ao final da aula foi pedido para que os estudantes procurassem outras escalas termométricas que não fossem aquelas apresentadas e trouxessem para a próxima aula os resultados da pesquisa.

A terceira aula ocorreu no dia 19 de março e contou com a participação de 21 estudantes do sexo masculino e 08 do sexo feminino. Nesta aula os estudantes mostraram-se eufóricos quanto a abordagem do tema. Na parte em que é exemplificado o surgimento das estrelas com um trecho de um vídeo, retirado da série Como Funciona o Universo – Estrelas, os estudantes mostraram-se interessados chegando, alguns, a comentar: “Vou assistir o resto em casa!”. A aula se seguiu com participação elevada dos mesmos. Pedidos a respeito de materiais, ou mesmo aulas futuras, que tratavam de Buracos Negros e as 04 dimensões existentes, foram feitas por grande parte da turma.

A quarta aula ocorreu no dia 01 de abril e contou com a participação de 21 estudantes do sexo masculino e 09 do sexo feminino. O estudo da espectroscopia e as consequências que esse reflete despertou interesse em parte dos estudantes quanto a possibilidade de encontrar planetas abitáveis

através do estudo da sua atmosfera. No mais, a aula seguiu tranquila e sem muitas perguntas.

A quinta aula ocorreu no dia 09 de abril e contou com a participação de 18 estudantes do sexo masculino e 09 do sexo feminino. Nessa aula foi introduzida a evolução da ciência a respeito da natureza da luz. Sua concepção quântica e a interpretação “corpuscular”. Foi usado um simulador para reproduzir o experimento da dupla-fenda, o que facilitou na visualização dos fenômenos. O interesse dos estudantes ficou voltado para a discussão da dualidade onda-partícula. Um estudante tinha lido a respeito do efeito fotoelétrico e perguntou o porquê da importância desse trabalho. A pergunta foi respondida com o auxílio do professor regente.

A sexta aula ocorreu no dia 15 de abril e contou com a participação de 21 estudantes do sexo masculino e 09 do sexo feminino. Nessa aula o raciocínio dos estudantes quanto aos ângulos incidência e reflexão serem iguais foi intuitivo. A questão de a luz possuir menor velocidade na água foi comentada por um estudante da seguinte maneira: “É óbvio, quando tentamos andar na água é mais difícil. Lá é mais denso.”.

A sétima aula ocorreu no dia 29 de abril e contou com a participação de 21 estudantes do sexo masculino e 09 do sexo feminino. Nessa aula foi destinada a discussão a respeito dos instrumentos ópticos, mais precisamente dos telescópios com diferentes frequências de ondas eletromagnéticas. Dois estudantes perguntaram a respeito do que seria a radiação de fundo de micro-ondas, que tivera ouvido na série *The Big Bang Theory* (2007). Tal pergunta “deu brecha” para uma discussão a respeito do efeito Doppler sonoro e posteriormente o cosmológico que relaciona o Redshift e o Blueshift, sendo essas consequências diretas da expansão do Universo.

A oitava aula ocorreu no dia 06 de maio e contou com a participação de 20 estudantes do sexo masculino e 09 do sexo feminino. Foi uma das aulas em que mais houve participação dos estudantes. A curiosidade dos mesmos a respeito da estrutura do Universo e as 04 dimensões gerou discussões sobre viagens no tempo e paradoxos temporais. Um estudante pediu para comentar a veracidade da física envolvida nas viagens do tempo da série *Flash* (2014). Essa pauta levou às discussões a respeito da relatividade restrita e de buracos de

minhocas o que gerou um interesse ainda maior dos estudantes na aula seguinte onde seria abordado buracos negros.

A nona aula ocorreu dia 07 de maio e contou com a participação de 21 estudantes do sexo masculino e 09 do sexo feminino. Como a notícia da primeira imagem de um buraco negro ainda estava em alta, nessa aula foi explicado o processo realizado para construção dessa imagem. Foi levado em sala duas matérias publicadas em duas revistas de fácil acesso aos estudantes que tratavam a respeito desse assunto. E com os estudantes foi gerada uma discussão sobre esse tema. Foi trabalhado também os conceitos físicos para o surgimento de um buraco negro, bem como as zonas presentes no mesmo e possíveis teorias sobre seu interior.

A décima aula ocorreu dia 07 de maio e contou com a participação de 21 estudantes do sexo masculino e 09 do sexo feminino. Nessa aula foi estudado o conceito de entropia. Os estudantes demoraram para entender a física envolvida. Para exemplificar as consequências e a significância desse conceito físico, o autor levou em sala a discussão a respeito do Paradoxo de Bootstrap, que trata da impossibilidade da viagem do tempo para o passado devido ao aumento de entropia no sistema. Os estudantes começaram a se interessar mais pelo assunto após essa abordagem.

A décima primeira e décima segunda aula ocorreram nos dias 27 e 28 de maio, respectivamente, e contou com a presença de 21 estudantes do sexo masculino e 09 do sexo feminino. Essas aulas foram destinadas ao fechamento da sequência didática. Foi pedido aos estudantes que formassem equipes de até 5 indivíduos e apresentassem um seminário com a escolha do tema sendo livre. Nesse seminário era pedido que o grupo explicasse os conceitos físicos envolvidos e a escolha do tema. Foram formadas 7 equipes e os temas escolhidos pelas respectivas encontram-se listados abaixo:

- Buracos Negros e Buracos de Minhoca;
- Efeito Estufa;
- Estrelas e Nebulosas;
- Fusão Nuclear;
- Viagens no Tempo;

- Tempestade Solar;
- Tipos de Telescópios.

Percebeu-se que grande parte dos indivíduos que compunha os grupos possuíam domínio a respeito do tema. No geral, todos se prepararam e se dedicaram às apresentações. Quando fora questionado pela escolha do tema grande parte respondeu que possuía interesse no assunto, seja antes mesmo das aulas ou depois. Um estudante acrescentou: “Parece coisa que vemos apenas em filmes. É difícil de aceitar que seja possível”.

Uma estudante respondeu de maneira distinta dos demais, sendo: “Eu não entendia muito bem o que se tratava, escolhi o tema para poder estudá-lo e ver se estava correto o que tivera entendido.”. O tema escolhido por esta foi Tempestade Solar.

E o grupo que escolheu o tema Efeito Estufa comentou: “Escolhemos esse tema pois, hoje, muito vem sendo discutida a respeito. É uma questão importante e mal fomentada. Muita política é envolvida e pouca ciência é discutida quando se trata de assuntos ambientais.”.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Viu-se que os documentos oficiais, que são de suma importância para o desenvolvimento do ensino, proporcionam a inserção do ensino de Física Moderna e Contemporânea nas aulas de Física e Ciências. No entanto, o Estado da Arte permitiu verificar que dos 2646 trabalhos analisados, apenas 86 desses eram destinados a assuntos que compunham a Física Moderna e Contemporânea, e que, mesmo o foco da pesquisa sendo revistas direcionadas a abordagem exclusiva de conteúdos de física e ciências, 3,25% dos trabalhos publicados foram direcionadas aos respectivos temas. Ressaltando a escassez desse tipo de trabalho em um ambiente de ensino.

A metodologia desenvolvida na coleta de dados perante a aplicação do material, o registro em formato de Diário de Bordo, e as entrevistas realizadas com o professor regente supriram as necessidades exigidas, permitindo relacionar o número de estudantes presentes; temas das aulas; questionamentos contundentes dos estudantes acerca do conteúdo; mudanças no entendimento e comportamento dos estudantes.

Ao longo do semestre, o colégio implantou nas turmas do ensino médio aulas de leitura onde a escolha do livro era feita pelos próprios alunos. Percebeu-se que ao decorrer dessas aulas, a escolha por livros escritos por cientistas foi aumentando, sugerindo interesse aos assuntos abordados e viabilizando, dessa maneira, maiores possibilidades de aprendizagem.

Outra observação feita foi durante as aulas extracurriculares, onde meu colega e eu dávamos seminários sobre assuntos diversos tratados na Física Moderna atual. Dos 23 estudantes que frequentavam as aulas, 17 eram da turma em que ministrei junto à aplicação o material.

Sendo assim, o material desenvolvido, juntamente a metodologia abordada no contexto do presente projeto, demonstrou grande potencialidade de abordagem e contextualização, uma vez que pôde-se perceber mudança no comportamento dos estudantes e em seus discursos. Dessa forma, destacam-se aspectos formativos, entre esses, motivacionais e de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Ricardo R. **Tópicos de Astrofísica e Cosmologia**: uma aplicação de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. 2010. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

ANDRADE, Rodrigo Ronelli Duarte; DE SOUSA NASCIMENTO, Robson; GERMANO, Marcelo Gomes. Influências da física moderna na obra de Salvador Dalí. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 3, p. 400-423, 2007.

ASTOLFI, Jean P. **A didática das ciências**. São Paulo: Papirus, 1995.

AZEVEDO, Aissa L.; SOUSA, Anderson KS; CASTRO, Tiago J. Low cost optical spectroscopy: a strategy to introduce quantum physics concepts in high school. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 4, 2019.

BAGDONAS, Alexandre; ZANETIC, João; GURGEL, Ivã. O maior erro de Einstein? Debatendo o papel dos erros na ciência através de um jogo didático sobre cosmologia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 97-117, 2018.

BARBOSA, Patrícia Valero; POLITO, Antony Marco Mota; DA SILVA FILHO, Olavo Leopoldino. Espaço, Tempo e Realidade: um estudo comparativo entre três concepções de mundo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 571-600, 2014.

BETZ, Michel Emile Marcel; LIMA, Ismael de; MUSSATTO, Gabriel. Dualidade onda-partícula: um objeto de aprendizagem baseado no interferômetro de Mach-Zehnder. **Revista brasileira de ensino de física**. São Paulo. Vol. 31, n. 3, p.8, 2009.

BOFF, Cleber Adelar; BASTOS, Rodrigo Oliveira; MELQUIADES, Fábio Luiz. Práticas experimentais no ensino de física nuclear utilizando material de baixo custo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 236-247, 2017.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (DCN-EB)**. Brasília, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **PCN+ Ensino Médio: Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília, 2002.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? **Investigações em ensino de Ciências**, v.10, n.3, 2005.

CAMARGO, A. L. P. et al. Simulação do protocolo BB84 de criptografia quântica utilizando um feixe laser intenso. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 2, p. e2305, 2017.

CAMARGO, Eder Pires de; NARDI, Roberto; CORREIA, José Nivaldo. A comunicação como barreira à inclusão de estudantes com deficiência visual em aulas de Física Moderna. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1-18, 2010.

CAMPOS, Claudinei José Gomes. **Método de análise de conteúdo: ferramenta para a análise de dados qualitativos no campo da saúde**. Brasília, 2004.

CARUSO, Francesco; DE FREITAS, Nilton. Física Moderna no Ensino Médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 355-366, 2009.

CAVALCANTE, M. A; JARDIM, V; BARROS, J. A. A. Inserção de Física Moderna no Ensino Médio: Difração de um feixe de laser. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.16, n.2, 1999.

CHAGAS, Isabel. Utilização da Internet na Aprendizagem da Ciência – Que Caminhos Seguir?. **Inovação**, v. 14, p. 13-26, 2001.

CHEVALLARD, Yves. **La Transposicion Didactica: Del saber sabio al saber enseñado**. Argentina: La Pensée Sauvage, 1991.

COELHO, Geide Rosa; BORGES, Oto. O entendimento dos estudantes sobre a natureza da luz em um currículo recursivo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 63-87, 2010.

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.

COSTA, Rodrigo Ronelli D.; NASCIMENTO, Robson S.; GERMANO, Marcelo Gomes. Salvador Dalí e a mecânica quântica. **Física na Escola**, v. 8, n. 2, 2007.

DA SILVA LIMA, Guilherme; GIORDAN, Marcelo. O Movimento Docente para o Uso da Divulgação Científica em Sala de Aula: Um Modelo a partir da Teoria da Atividade. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 493-520, 2018.

DA SILVA NETTO, Jader; DE HOLANDA CAVALCANTI, Cláudio José; OSTERMANN, Fernanda. Estratégias discursivas adotadas por professores em formação na compreensão do fenômeno da complementaridade em atividades didáticas mediadas pelo interferômetro virtual de Mach-Zehnder. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 2, p. 293-320, 2015.

DA SILVA NETTO, Jader; DE HOLANDA CAVALCANTI, Cláudio José; OSTERMANN, Fernanda. Dificuldades e estratégias para compreensão do conceito de emaranhamento quântico: um estudo na formação inicial de professores de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1-36, 2019.

DA SILVA NETTO, Jader; OSTERMANN, Fernanda; PRADO, Sandra Denise. O tema da dualidade onda-partícula na educação profissional em radiologia médica a partir da simulação do interferômetro de Mach-Zehnder. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, p. 1401, 2011.

DA SILVA, André Coelho; DE ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro. Física quântica no ensino médio: o que dizem as pesquisas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 624-652, 2011.

DA SILVA, João Ricardo Neves et al. O grupo de estudos e discussão como subsídio ao desenvolvimento de interações discursivas auto-organizadas entre professores de física sobre a temática teoria da relatividade. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 1, p. 9-25, 2013.

DA SILVA, Nelson Canzian. Física Moderna e técnicas computacionais: como ver o átomo de Hidrogênio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 667-696, 2016.

DA SILVA, Wagner Moreira; ZANOTELLO, Marcelo. Discursos sobre Física Contemporânea no Ensino Médio a partir da Leitura de Textos de Divulgação Científica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 45-74, 2017.

DAMASIO, Felipe; PACHECO, Sabrina M. V. Buracos nem tão negros assim. **Física na Escola**, v. 10, n. 1, p. 30-35, 2009.

DE LIMA, Luís Gomes; RICARDO, Elio Carlos. O Ensino da Mecânica Quântica no nível médio por meio da abstração científica presente na interface Física-Literatura. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 8-54, 2019.

DE MOURA, Mairus Disconzi; DOS SANTOS, Renato P. Detectando misticismo quântico em livros publicados no Brasil com Ciência de Dados. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 725-744, 2017.

DE OLIVEIRA CARDOSO, Stenio Octávio; DICKMAN, Adriana Gomes. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, p. 891-934, 2012.

DE PEREIRA, Alexsandro Pereira; OSTERMANN, Fernanda. Recursos e Restrições nas explicações de futuros professores de física sobre mecânica quântica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 2, p. 9-28, 2012.

DE SOUZA, Aguinaldo Robinson; DOS SANTOS NEVES, Laura Aparecida. O livro paradidático no ensino de Física: uma análise fabular, científica e metafórica da obra Alice no País do Quantum: A Física Quântica ao alcance de todos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 1145-1160, 2016.

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. 2502, 2012.

DOS REIS, Ueslei Vieira; REIS, José Claudio. Os conceitos de espaço e de tempo como protagonistas no ensino de Física: um relato sobre uma sequência didática com abordagem histórico-filosófica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 744-778, 2016.

DOS SANTOS BATISTA, Carlos Alexandre; DA PURIFICAÇÃO SIQUEIRA, Maxwell Roger. A inserção da Física Moderna e Contemporânea em ambientes reais de sala de aula: uma sequência de ensino-aprendizagem sobre a radioatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 880-902, 2017.

DOS SANTOS, Erick Santana; DOS SANTOS MENEZES JR, Roberto; DA SILVA SANTANA, Victor Mancir. Determinação experimental da constante de Planck pela observação da corrente de descarga de um capacitor. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 824-836, 2015.

EBERHARDT, Dario et al. Experimentação no ensino de Física Moderna: efeito fotoelétrico com lâmpada néon e LEDs. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 928-950, 2017.

ERTHAL, João Paulo Casaro; DA SILVA PIROVANI, Filipe Eduardo; CAMPOS, Ramón Giostri. Globo de plasma: uma montagem simples com amplo potencial para discussões em sala de aula. **Caderno brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 666-676, 2014.

FANARO, Maria de Los Angeles; ELGUE, Mariana; OTERO, María Rita. Secuencia para enseñar conceptos acerca de la luz desde el enfoque de Feynman para la mecánica cuántica en la escuela secundaria: un análisis basado en la teoría de los campos conceptuales. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 477-506, 2016.

FERNANDES, Rúbia de Fátima Antunes Martins et al. Pinturas de Salvador Dalí para introduzir conceitos de Mecânica Quântica no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 509-529, 2017.

FERREIRA, Danilo Cardoso; DE SOUZA FILHO, Moacir Pereira. O experimento virtual da dupla fenda ao nível do ensino médio (Parte II): uma análise quântica do comportamento corpuscular e ondulatório da luz. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 302-329, 2019.

FERREIRA, Danilo Cardoso; DE SOUZA FILHO, Moacir Pereira. O experimento virtual da dupla fenda ao nível de ensino médio (Parte I): uma análise clássica do comportamento corpuscular e ondulatório e o desenvolvimento de um software computacional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 697-716, 2016.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, Gerson G.; PIETROCOLA, Mauricio. O experimento de Stern-Gerlach e o spin do elétron: um exemplo de quasi-história. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 2604, 2011.

GUERRA, Andreia; REIS, José Claudio; BRAGA, Marco Antonio Barbosa. Tempo, espaço e simultaneidade: uma questão para os cientistas, artistas, engenheiros e matemáticos nos séculos XIX. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 568-583, 2010.

GUTTMANN, Gustavo Antonio Montenegro; BRAGA, Marco. A origem do universo como tema para discutir a Natureza da Ciência no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 442-460, 2015.

HILGER, Thaís Rafaela; MOREIRA, Marco Antonio. Uma Revisão de Literatura sobre Trabalhos em Representações Sociais relacionados ao Ensino de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 1, p. 167-186, 2016.

JARDIM, Wagner Tadeu; GUERRA, Andreia. Experimentos Históricos e o Ensino de Física: Agregando reflexões a partir da revisão bibliográfica da área e da História Cultural da Ciência. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 3, p. 244-263, 2017.

JOSÉ, Marcelo Archanjo; PIQUEIRA, José Roberto Castilho; DE DEUS LOPES, Roseli. Introdução a programação quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 1306, 2013.

JUNIOR, Paulo Lima; OSTERMANN, Fernanda; REZENDE, Flavia. Liderança e gênero em um debate acadêmico entre graduandos em Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, n. 1, 2011.

KARAM, Ricardo Avelar Sotomaior; DE SOUZA CRUZ, Sonia Maria SC; COIMBRA, Débora. Relatividades no ensino médio: o debate em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 107-116, 2007.

KENSKY, V. M.. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. Campinas: Papirus, 2007.

LIMA, Nathan Willig et al. Educação em Ciências nos Tempos de Pós-Verdade: Reflexões Metafísicas a partir dos Estudos das Ciências de Bruno Latour. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 155-189, 2019.

LIMA, Nathan Willig et al. Um estudo metalinguístico sobre as interpretações do fóton nos livros didáticos de Física aprovados no PNLDEM 2015: elementos para uma sociologia simétrica da Educação em Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 331-364, 2018.

LIMA, Nathan Willig; OSTERMANN, Fernanda; DE HOLANDA CAVALCANTI, Claudio Jose. Física Quântica no ensino médio: uma análise bakhtiniana de enunciados em livros didáticos de Física aprovados no PNLDEM2015. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 435-459, 2017.

MACHADO, Daniel Iria; NARDI, Roberto. Avaliação do Ensino e Aprendizagem de Física Moderna no Ensino Médio. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 4., 2003, Bauru.

MEDEIROS, Alexandre. As origens da Relatividade Geral e a Constante Cosmológica. **Física na Escola**, v. 4, n. 2, p. 56-66, 2016.

MEDEIROS, Alexandre. Eric Rogers e o ensino de física moderna. **Física na Escola**, v. 8, n. 1, p. 40-42, 2007.

MELHORATO, Rodrigo Lima; NICOLI, Gustavo Tosta. Da física clássica a moderna: o simples toque de uma sirene. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 3311, 2012.

MORAIS, Angelita; GUERRA, Andreia. História e a filosofia da ciência: caminhos para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 1502, 2013.

NETTO, Jader da Silva; OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, Claudio Jose de Holanda. Fenômenos intermediários de interferência e emaranhamento quânticos: o interferômetro virtual de Mach-Zehnder integrado a atividades didáticas. **Caderno brasileiro de ensino de física**. Florianópolis. Vol. 35, n. 1, p. 185-234, 2018.

NETTO, Jader da Silva; OSTERMANN, Fernanda; PRADO, Sandra Denise. Formação de técnicos na área de radiologia médica: desenvolvimento de uma página na internet como recurso didático. **Física na escola**. São Paulo. Vol. 11, n. 1, p. 32-35, 2010.

OLIVEIRA, Denny Mauricio de. Uma proposta para o ensino de teoria quântica de campos na graduação: a eletrodinâmica de Maxwell-Chern-Simons como motivação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 3309, 2011.

OLIVEIRA, Letícia Maria; GOMES, Maria Letícia. Einstein e a Relatividade entram em cena: diálogos sobre o teatro na escola e um ensino de física criativo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 943-961, 2016.

OSBORN, Jonathon; HENNESSY, Sara. **Literature Review in Science Education and the Role of ICT: Promise, Problems and Future Directions**. Futurelab Series, report 6.P. 1-52, 2003.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, nº 2, p. 23-48, 2000.

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**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

OSTERMANN, Fernanda; PEREIRA, Alexsandro P. Sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, nº 3, p. 393-420, 2009.

PARISOTO, Mara Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio; DE ALMEIDA, Wesley Dias. O ensino de conceitos do eletromagnetismo, óptica, ondas e Física moderna e contemporânea através de situações na Medicina. **Física na Escola**, v.15, n.1, p.19-24, 2017.

PAULO, Iramaia Jorge Cabral de; MOREIRA, Marco Antonio. Abordando conceitos fundamentais da mecânica quântica no nível médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 2, 2011.

PEREIRA, Alexsandro Pereira de et al. Uma abordagem conceitual e fenomenológica dos postulados da física quântica. **Caderno brasileiro de ensino de física. Florianópolis**. Vol. 29, nesp 2, p. 831-863, 2012.

PEREIRA, Alexsandro Pereira de; OSTERMANN, Fernanda. Sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em ensino de**

ciências. Porto Alegre. vol. 14, n. 3 (dez. 2009), p. 393-420, 2009.

PEREIRA, Marta Máximo. LHC: o que é, para que serve e como funciona. **Física na Escola**, v.12, n.1, p. 37-41, 2011.

PESSANHA, M.; PIETROCOLA, M. O ensino de estrutura da matéria e aceleradores de partículas: uma pesquisa baseada em design. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 2, p. 361-388, 2016.

PIMENTEL, Jorge Roberto et al. Uma sugestão para a interação multidisciplinar: a observação do fenômeno da fluorescência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 365-384, 2014.

PINHEIRO, Lisiane Araujo. A câmara de nuvens: uma abordagem integrada entre a Física Clássica ea Física Moderna. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 517-528, 2015.

PINHEIRO, Lisiane Araujo. A câmara de nuvens: uma abordagem integrada entre a Física Clássica ea Física Moderna. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 517-528, 2015.

PINTO, A.; ZANETIC, J. É possível levar a Física Quântica para o Ensino Médio? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.16, n.1, p. 7-34, 1999.

PORTO, C. M. O atomismo grego e a formação do pensamento físico moderno. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 1-11, 2013.

RABELO, Wilson RM; COSTA, Maria Lúcia M. Uma abordagem pedagógica no ensino da computação quântica com um processador quântico de 5-qbits. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 40, n. 4, 2018.

RAMOS, Tacita Ansanello; SCARINCI, Anne L. Análise de concepções de tempo e espaço entre estudantes do ensino médio, segundo a epistemologia de Gaston Bachelard. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 2, p. 009-025, 2013.

REZENDE JUNIOR, M. F; SOUZA CRUZ, F. F. Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: Do consenso de temas à elaboração de propostas. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 4., 2003, Bauru.

RIVELLES, Victor O. A Teoria de Cordas e a Unificação das Forças da Natureza. **Física na Escola**, v. 8, n. 1, p. 10-16, 2007.

ROCHA, Diego Marcelli; RICARDO, Elio Carlos. As crenças de autoeficácia e o ensino de Física Moderna e Contemporânea. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, p. 223-252, 2016.

RODRIGUES JÚNIOR, A. A. O que é irradiação? E contaminação radioativa? Vamos esclarecer. **Física na Escola**, v. 8, n. 2, p. 40-43, 2007.

SALES, Gilvandenys Leite et al. Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, p. 3501, 2008.

SCHULZ, Peter AB. Nanociência de baixo custo em casa e na escola. **Revista Física na Escola**, v. 8, n. 1, 2007.

SILVA, André Coelho; ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro; HALLACK, Maira Lavalhegas. Fragmentos do paradoxo EPR em um trecho de divulgação científica: uma pesquisa de cunho exploratório com ingressantes na universidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 53-75, 2015.

SILVA, Luciene Fernanda da; ASSIS, Alice. Física Moderna no Ensino Médio: um experimento para abordar o efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, p. 313-324, 2012.

SILVA, Ronivan Sousa; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. Sobre as pesquisas relacionadas ao ensino do efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 618-639, 2015.

SILVEIRA, Sérgio; GIRARDI, Mauricio. Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol.39, no.4, e4502, 2017.

SOARES, Antonio Augusto; MORAES, Letícia Estevão; OLIVEIRA, Franciéle Gonçalves. Ensino de matéria e radiação no ensino médio com o auxílio de simuladores interativos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 915-933, 2015.

SORPRESO, Thirza Pavan; DE ALMEIDA, Maria Jose Pereira Monteiro. Aspectos do imaginário de licenciandos em Física numa situação envolvendo a resolução de problemas e a questão nuclear. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 1, p. 77-102, 2008.

SOUZA, Marcos Antonio Matos; DANTAS, Joseclécio D. Fenomenologia nuclear: uma proposta conceitual para o ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 136-158, 2010.

TENFEN, Danielle Nicolodelli; TENFEN, Wagner. O modelo atômico de Bohr e as suas limitações na interpretação do espectro do átomo de hélio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 216-235, 2017.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, nº 3, p. 209-214, dez. 1992.

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.

VALADARES, E. C; MOREIRA, A. M. Ensinando Física Moderna do Segundo Grau: Efeito Fotoelétrico, Laser e Emissão de Corpo Negro. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.15, n.2, 1998.

VANZELLA, Daniel Augusto Turolla. Teoria da relatividade geral: 100 anos encurvando como vemos o universo. **A Física na Escola**, v. 14, n. 1, p. 34-39, 2016.

VASCONCELOS, Stephanie Siqueira; DE MELLO FORATO, Thaís Cyrino. Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos no começo do século XX: um episódio histórico para a formação de professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 851-887, 2018.

VIDEIRA, Antonio Augusto Passos; FRANCISQUINI, Mariana Faria Brito. A instituição da “Física de Partículas Elementares” como disciplina científica e sua relação com a formação de professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 81-96, 2018.

ZANOTTA, Daniel Capella; CAPPELLETTO, Eliane; MATSUOKA, Marcelo Tomio. The GPS:

connecting science and technology in physics classes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 1-6, 2011.

APÊNDICE A- PLANO DE AULA

Professor:	Roger Eduardo Lourenço
Série:	2º ano do Ensino Médio
Duração:	50 min (01 hora-aula)

Aula 01

Tema: Calor e Temperatura; Transferências de Calor.

Conteúdos: Calor; temperatura; transferência de calor por condução, convecção e radiação.

Objetivos: Compreender os conceitos envolvidos na terminologia tais como: a definição de calor e temperatura e as diferenças entre elas quanto as usadas/conhecidas pelo senso comum; estudar os diferentes tipos de transferência de calor e aplicações desses no nosso cotidiano.

Aula 02

Tema: Medidas de Temperatura; Transformações Termométricas

Conteúdos: Termômetros; grandezas termométricas; escala Celsius; escala Fahrenheit e escala absoluta ou Kelvin.

Objetivos: Compreender a física envolvida no funcionamento dos termômetros e a relação desse com as grandezas termométricas; estudar as principais escalas utilizadas nas medidas de temperatura e saber relacionar os valores de uma escala com as demais.

Aula 03

Tema: Ciclo de uma Estrela; o Combustível das Estrelas.

Conteúdos: O nascimento de uma estrela; nebulosas; fusão nuclear estelar; tipos de estrelas e a morte de uma estrela.

Objetivos: Compreender o ciclo de uma estrela, onde ela se origina e qual o combustível que a mantém acesa, bem como o que ela espera na hora da morte. Compreender a principal diferença da fusão nuclear que ocorre dentro das estrelas com as usadas nas usinas.

Aula 04

Tema: A Cor de uma Estrela.

Conteúdos: Espectro magnético; espectrometria; espectroscopia astronômica.

Objetivos: Estudar as diferentes frequências que compõem o espectro magnético, bem como as propriedades relacionadas. Compreender as técnicas utilizadas para o estudo de corpos celestes na astronomia e relacionar as bandas de energias de absorção com a composição química da estrela.

Aula 05

Tema: A Natureza da Luz.

Conteúdos: Teoria corpuscular e teoria ondulatória da luz; quantização da luz; Princípio de Huygens; experimento de fenda dupla ou de Young.

Objetivos: Estudar o processo científico para a formulação da natureza da luz.

Aula 06
Tema: Propagação retilínea dos raios de Luz
Conteúdos: Lei da reflexão; Lei Snell-Descartes; propagação de ondas em diferentes meios materiais.
Objetivos: Estudar as propriedades físicas da luz bem como as leis físicas que as descrevem. Relacionar os conteúdos apresentados com situações no cotidiano.

Aula 07
Tema: Instrumentos Ópticos.
Conteúdos: Telescópios de radiofrequência; raios-x; raios gama e radiação infravermelha.
Objetivos: Estudar os diferentes tipos de telescópios usados na Astronomia e relacionar o uso desses com as frequências do espectro eletromagnético.

Aula 08
Tema: A estrutura do Universo
Conteúdos: As dimensões espaciais e temporal; princípio cosmológico e inflação cósmica.
Objetivos: Estudar a teoria mais aceita pela comunidade científica a respeito do surgimento do Universo. Compreender o significado do princípio cosmológico, bem como suas implicações na estrutura do Universo e o estudo do cosmos.

Aula 09
Tema: Buracos Negros
Conteúdos: Gravidade; distorções espaciais; estrutura dos Buracos Negros.
Objetivos: Compreender o significado físico que origina o nome Buraco Negro e relacionar com as Leis físicas que a compõe. Estudar as diferentes regiões e a geometria de um Buraco Negro.

Aula 10
Tema: Entropia
Conteúdos: Transformações reversíveis; processos de não equilíbrio, Leis da Termodinâmica.
Objetivos: Compreender o significado físico e as Leis que a compõe, bem como, relacionar com os conteúdos antes vistos.

Aula 11 e 12
Tema: Seminário
Conteúdos: Buracos Negros e Buracos de Minhoca; Efeito Estufa; Estrelas e Nebulosas; Fusão Nuclear; Viagens no Tempo; Tempestade Solar; Tipos de Telescópios.
Objetivos: Fazer com que os estudantes discutam e apresentem o tema escolhido, relacionando as Leis e conceitos físicos envolvidos nesse.

APÊNDICE B- MATERIAL DE APOIO

Apostila de Tópicos
de Física Moderna
para o Ensino
Médio:
Uma Abordagem
Cosmológica

Roger Eduardo Lourenço. Curitiba, 2019



INTRODUÇÃO

Nenhum outro tema estimula tanto a imaginação no cenário científico quanto o espaço e o tempo. E por razões simples. Eles compõem o cenário da realidade. Toda a nossa existência ocorre em alguma região do espaço durante algum intervalo de tempo. No entanto, o que seria o espaço e o tempo? Serão eles entidades físicas reais ou simplesmente ideias úteis? Se forem reais, serão elementares ou terão componentes ainda mais básicas? O que se pode entender por espaço vazio? O tempo teve um início? Possui um único sentido, como uma seta, que viaja de maneira inflexível do passado para o futuro, tal como indica a nossa experiência cotidiana? Podemos manipular o espaço e o tempo de maneira a voltarmos para o passado ou distorcer nossa realidade? (GRENNE, 2001, p. 08)

Neste material, será apresentado conteúdos que buscam dar respostas, ou pelo menos sugestões de respostas, à essas perguntas que tratam a respeito da natureza do Universo.

Mas antes de iniciarmos a discussão desses temas, primeiramente, precisamos desenvolver um raciocínio científico dos diversos conteúdos que compõe a física.

1. TERMOLOGIA

1.1 Calor e Temperatura

Iniciaremos esse estudo com um pequeno experimento. Se você estiver em sala, toque em uma mesa de madeira ou plástico e em seguida, toque na parede ou em qualquer outro material de ferro. Você percebeu algo de diferente? Provavelmente você deve ter respondido que um deles está mais “frio” que o outro. Ou seja, que o objeto de ferro ou a parede de alvenaria possui uma temperatura inferior comparada a mesa.

(BARRETO & XAVIER, 2016, p. 24)

Entretanto, a sensação térmica que temos ao tocar os objetos é imprecisa, pois, pela experiência realizada, nossos sentidos indicam que objetos que situam-se em um mesmo ambiente encontram-se em temperaturas diferentes. O que não é verdade.

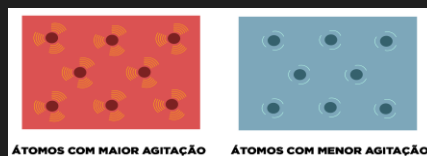
Assim, a definição de **calor** aceita pela comunidade científica é a de: **energia térmica em transito ou transferência da mesma devido a diferença de temperatura**. Logo, não é correto afirmar que um corpo "possui" calor. Pois, os corpos são formados por átomos que estão em constante movimento, ocasionando um aumento na temperatura do corpo. Dessa forma, os corpos (ou sistemas) possuem energia interna, essa composta por duas parcelas, a energia térmica e a energia potencial ou química.

(MAXIMO & ALVAREGA, 2011)

O conceito de temperatura está muito próximo do conceito de calor, visto que a temperatura é a medição do movimento das partículas de um corpo. Podendo ser definida então como: **a medida do grau de agitação dos átomos ou moléculas de um corpo ou sistema**. Dessa forma, a temperatura é uma grandeza que mede, de maneira indireta, a energia cinética média das partículas desse corpo. (BARRETO & XAVIER, 2016, p. 25)

Consideremos a imagem ao lado onde os blocos A e B possuem temperaturas distintas entre si. Imaginemos agora que os dois entrem em contato e atinjam o **equilíbrio térmico**, ou seja, que os **corpos fiquem com a mesma quantidade de calor/temperatura**.

De que maneira isso acontece?



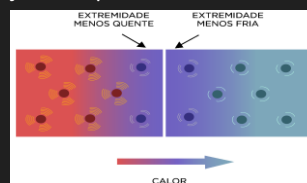
Fonte: do autor

Imagem 1: Na ilustração acima, podemos perceber a agitação das moléculas e sua relação com a temperatura dos corpos. Observe que o primeiro bloco possui um tom avermelhado indicando alta temperatura enquanto que o outro não.

A resposta é simples. A transferência de calor de um corpo para outro acontece sempre da mesma forma: os corpos que possuem mais calor cedem uma parte àqueles que possuem menos calor. Ou seja, a transferência ocorre daquele que possui maior ao de menor temperatura. Essa transferência persiste até que todos os corpos fiquem com a mesma quantidade de calor, ou como vimos anteriormente, até que atinjam o equilíbrio térmico.

De maneira análoga, o “frio” que sentimos é a sensação produzida pela perda de calor do nosso corpo causada pela baixa temperatura do meio externo comparada ao interno .

Okey. Vimos anteriormente que comparar a temperatura dos corpos usando apenas o tato é impreciso e que “frio” e “quente” são relativos. Então, como podemos obter com maior exatidão a temperatura de um corpo? (BARRETO & XAVIER, 2016, p. 25)



Fonte: do autor

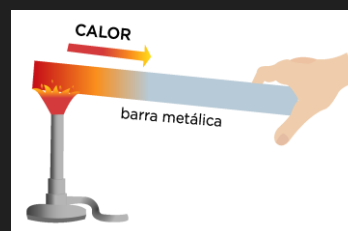
Imagem 2: A ilustração acima mostra o equilíbrio térmico entre os blocos. Note que agora os dois possuem mesmo grau de agitação das partículas e, conseqüente, mesma temperatura.

1.3 Transferências de Calor

Sabemos que o calor é um tipo de energia que pode ser transferido de um corpo para o outro quando há diferença de temperatura entre eles. Nessa sessão, veremos que essa transferência pode ocorrer de três formas: **condução, convecção e radiação**.

Imagine o seguinte: que estamos aquecendo uma barra metálica, e por experiência, sabemos que se segurarmos por muito tempo uma das extremidades próxima a chama, a outra extremidade também esquentará.

Mas como ocorre essa transmissão de calor?



Fonte: do autor

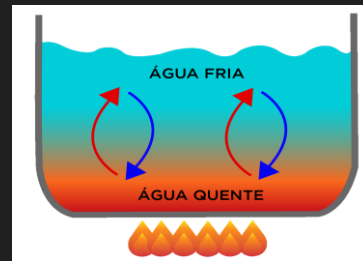
Imagem 4: A ilustração nos mostra a transferência de calor pela barra.

Quando aquecemos um material, os átomos que constituem a extremidade mais próxima do fogo passam a vibrar com maior intensidade, vemos que isso ocorre devido ao aumento de temperatura . Essa agitação é transmitida para os átomos mais próximos fazendo com que aqueça as regiões vizinhas.

Esse caso refere-se a uma transmissão de calor por **condução**, ou seja, o calor se propaga devido à agitação dos átomos que constituem o material, não havendo transporte de material durante esse processo. (BARRETO & XAVIER, 2016, p. 71)

Agora, fazemos um segundo experimento: ao usarmos a chama do fogo para aquecer uma panela contendo água, observamos um movimento de sobe e desce da massa da líquida dentro da panela. Bolhas são formadas no fundo, e sobem.

Que fenômeno é esse?



Fonte: do autor

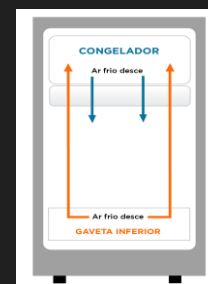
Imagem 5: A ilustração nos mostra as correntes de convecção em panela com água em diferentes temperaturas.

Primeiramente o que ocorre é que a porção de líquido da mais próximo da chama é aquecida, dilatando-se e, conseqüentemente, tendo sua densidade diminuída. Dessa maneira, tais camadas, agora menos densas, tendem a se mover para a parte superior da panela, enquanto as camadas mais frias, e mais densas, se deslocam para região inferior. Esse processo de circulação das correntes de líquidos são denominadas **correntes de convecção**.

Desse modo, a propagação do calor por **convecção** se dá pelo movimento da matéria de uma região para a outra. Ocorrendo apenas nos fluidos, ou seja, líquidos e gases.

Assim, existe um motivo para o congelador encontra-se na parte superior dos refrigeradores de uma porta. Fazer com que a parte mais fria permaneça na parte superior facilita a formação de correntes de ar no sentido descendente. Ou seja, o ar comprimido devido a baixa temperatura fica mais denso, ocasionando a descida da corrente de ar para a parte de baixo.

Um processo semelhante ocorre nos equipamentos de aquecimento de resistências ou motores. Se reparar, esses encontram-se na parte inferior. Pois, o ar quente, aquecido durante o funcionamento desses, sobe por estar menos denso e posteriormente esfria, fazendo com que desça novamente e posteriormente aqueça, e suba e assim por diante. Formando as correntes de convecção. (BARRETO & XAVIER, 2016, p. 75)



Fonte: do autor

Imagem 6: A ilustração nos mostra uma utilização das correntes de convecção.

2. Estrelas

O céu noturno é repleto de estrelas. Numa noite clara, se der sorte, você vai ver umas três mil estrelas, mas isso é a ponta de um enorme iceberg cósmico. Só na nossa galáxia há mais de 100 bilhões de estrelas e mais de 100 milhões de galáxias no universo observável. Há mais estrelas no céu do que grãos de areia na Terra.

A maioria dessas estrelas está tão distante que não sabemos quase nada sobre elas, mas há uma estrela bem próxima de nós, tudo que sabemos sobre as estrelas aprendemos com ela. A luz solar que nos ilumina e nos aquece todos os dias não é nada senão luz estelar porque o nosso sol não é nada senão uma estrela como todas as outras.

O Sol é uma bola de gás superaquecida que ilumina o nosso sistema solar a 4 bilhões e seiscentos milhões de anos. Mesmo visto da terra o Sol é tão poderoso que sua luz é capaz de nos cegar. Ele está a 150 milhões de km de distância de nós. O que significa que na verdade é imenso. Caberia um milhão de terras dentro do Sol.

Mas como nascem as estrelas?

2.1 Ciclo de uma Estrela

O nascimento de uma estrela surge a partir do aquecimento de gás hidrogênio. Para que uma estrela se forme é necessário hidrogênio gravidade e tempo.

A gravidade joga a poeira e o gás em um redemoinho gigantesco unindo toda a matéria e a comprimindo; e quando você comprime coisas em espaços menores ela necessariamente esquentam. É uma lei básica da termodinâmica.

Imaginem agora esse processo durante centenas de milhares de anos, tornando esse aglomerado cada vez maior e mais denso. Formando em seu centro um disco giratório imenso maior do que todo nosso sistema solar e em seu núcleo uma bola de gás superquente em pressões altíssimas até que jatos de gás explodem do seu centro dando origem, nos próximos 500 mil anos dali, à uma estrela.



2.2 O Combustível das Estrela

Para manter uma estrela acesa é necessário bastante combustível. Até o século 20 ninguém fazia ideia do que era esse combustível. Foi Albert Einstein, em 1905, através do $E=mc^2$ o responsável pela descoberta de que era possível liberar a energia dos átomos através da fusão nuclear. A mesma energia responsável por mater viva as estrelas.

Dessa forma, o que acontece em uma estrela é semelhante a uma bomba nuclear. Então, **por que ela simplesmente não explode?** A resposta é a gravidade. Ela comprime a camada externa das estrelas. É uma briga entre a fusão nuclear e a gravidade. Uma tensão constante, um equilíbrio de forças entre a gravidade, que quer esmagar a estrela, e a energia liberada pelo processo de fusão, que quer explodi-la.

2.3 A morte de uma Estrela

Dentro das estrelas, os átomos de hidrogênio colidem e se fundem criando um novo elemento, o Hélio, e uma pequena quantidade de energia em forma de fóton. Após a queima de Hidrogênio cessar dará início a queima do Hélio e, conseqüente, seguirá a ordem da tabela periódica até a formação do Ferro. Este conjunto de reações nucleares para fabricação de novos elementos é chamado de nucleossíntese. Mas a nossa estrela não tem tamanho suficiente para a produção de todos esses elementos. Ela cessará na formação do Carbono. Assim, não tendo forças para se manter aceso, o Sol irá esquentar devido ao aumento da pressão exercida pela gravidade transformando-se em um imenso diamante chamado **Anã Branca**.

Mas nem todas as estrelas possuem um final tão belo. Estrelas imensamente maiores que o nosso Sol (VY Canis Majoris, cerca de um milhão de vezes maior que o Sol) possuem “mortes” extremamente violentas.

Como dito anteriormente, essas estrelas possuem força suficiente para continuar a produção de elementos mas, independente do seu tamanho, estão condenadas com a produção do Ferro.

Por que?

O Ferro, por ser um metal, possui maior facilidade de condução ou absorção de energia. No momento em que uma estrela cria este elemento, a mesma possui segundos de vida. A estrela tenta descarregar energia nessa bola de ferro na tentativa de fazer uma fusão. Mas ela não consegue. Então essa bola está roubando energia da estrela. Energia essa que mantém a própria estrela viva. E aquela briga que antes existia entre a gravidade e a fusão cessa, pois a gravidade vence. Dependendo do tamanho dessa estrela, seu antigo núcleo fica tão denso que ela acaba por colapsar em si mesma. Dando origem aos **Buracos Negros** (corpos maciços tão densos capazes de distorcer o espaço-tempo de tal maneira que nem a luz consegue escapar).

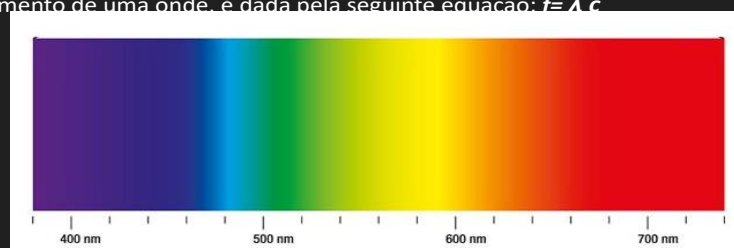
2.4 A Cor de uma Estrela

À intensidade da luz em diferentes comprimentos de onda, chamamos de espectro. Mais especificamente de espectro eletromagnético. Esse, é uma escala de radiações eletromagnéticas. Nele estão representados os 7 tipos de ondas eletromagnéticas: ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios x e raios gama.

As ondas se propagam à velocidade da luz e, com exceção da luz visível, são todas invisíveis ao olho humano.

O espectro é colorido porque cada uma das ondas oferece a sensação de uma cor, cores essas que estão associadas às suas frequências. Desse modo, as ondas mais longas localizam-se mais próximo do vermelho. Por sua vez, quanto menor, mais perto do azul.

As ondas que têm a frequência mais baixa são as mais longas. As ondas que têm a frequência mais alta são as mais curtas. A relação entre as grandezas, frequência e comprimento de uma onda, é dada pela seguinte equação: $f = \frac{c}{\lambda}$

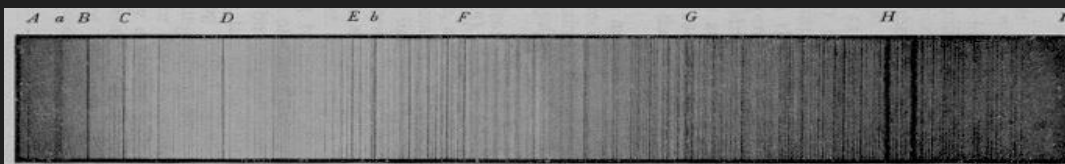


Fonte: do autor

Quase toda informação sobre as propriedades físicas das estrelas são obtidas direta ou indiretamente de seus espectros, principalmente suas temperaturas, densidades e composições. Mas essa simples afirmação teve um longo caminho.

Em 1665, Isaac Newton demonstrou que a luz branca, assim como a luz do Sol, ao passar por um prisma se decompunha em luzes de diferentes cores, formando um espectro, assim como um arco-íris.

Em 1802, William Hyde Wollaston, um médico, químico e físico inglês, observou que, passando a luz solar por uma fenda e em seguida por um prisma, apareciam linhas escuras no espectro, que ele interpretou como sendo o limite das cores. Infelizmente sua interpretação não estava correta.



Tais linhas só foram identificadas 40 anos mais tarde por Gustav Robert Kirchhoff. O princípio para esse trabalho veio da ideia da queima de elementos químicos. Sabe-se que cada elemento químico, quando posto em uma chama, emitem cores específicas. Ao colocar um prisma, de modo que a luz passasse por este, na intenção de melhor distinguir as cores emitidas pelas substâncias, Kirchhoff descobriu que cada elemento gerava uma série de linhas diferentes e que esse espectro não era contínuo. Esse estudo gerou a tabela ao lado.

Linha	$\lambda(\text{Å})$	Elemento	Cor
A	7594	Oxigênio	VERMELHO
B	6867	Oxigênio	-
C	6563	Hidrogênio, $H\alpha$	-
D1	5896	Sódio	-
D2	5890	Sódio	AMARELO
D3	5876	Hélio	-
E	5270	Ferro e Cálcio	-
b1	5184	Magnésio	-
F	4861	Hidrogênio, $H\beta$	VERDE
G	4308	Ferro	AZUL
H	3968	Cálcio	-
K	3934	Cálcio	VIOLETA

Atualmente a espectroscopia estelar é usada para determinar várias propriedades das estrelas, tais como: distância, idade, luminosidade e taxa de perda de massa. Esse estudo possibilita também a descoberta e a presença de componentes escondidos como buracos negros e exoplanetas uma vez que cada corpo celeste possui um espectro característico.

Atualmente a espectroscopia estelar é usada para determinar várias propriedades das estrelas, tais como: distância, idade, luminosidade e taxa de perda de massa. Esse estudo possibilita também a descoberta e a presença de componentes escondidos como buracos negros e exoplanetas uma vez que cada corpo celeste possui um espectro característico.

3. A Natureza da Luz

Falamos sobre espectro de luz na sessão anterior. Mas o que é a luz?

Desde muito tempo, na Antiguidade, os filósofos da época se questionavam sobre a natureza da luz. Varias explicações sobre essa surgiram, o que gerava discórdias, pois um grupo acreditava no modelo corpuscular, outros defendiam um modelo ondulatório.

Veremos nessa sessão a trajetória do conhecimento científico a respeito da natureza da luz, seus fenômenos e propriedades.

Durante os estudos de Isaac Newton sobre os fenômenos luminosos, o mesmo elaborou uma teoria sobre a natureza da luz conhecida como o modelo corpuscular. Nela, ele afirmava ser a luz constituída por partículas que, ao serem emitidas por uma fonte luminosa, se propagavam no espaço com grande velocidade e em linha reta. O estímulo provocado por essas partículas no nosso sistema óptico seria o responsável pela sensação de visão. Com base nesse modelo, Newton conseguiu explicar fenômenos ópticos como reflexão da luz, sua refração e a cor dos corpos. Mas foi verificado que uma das previsões de Newton nesse modelo estava errada. Nesse, o mesmo afirmava que a velocidade da luz em um meio como a água, era maior que no ar. (BARRETO & XAVIER, 2016, p. 146)

No século XVII, Cristian Huygens observou que feixes de luz, ao se cruzarem, não se desviava. Assim, o mesmo pensou que: “se a luz fosse constituída de partículas, seria natural esperar que elas colidissem e causassem o desvio dos feixes”. Dessa forma, Huygens propôs a hipótese de que a luz não seria material, mas estaria relacionada às perturbações do meio entre a fonte de luz e o observador.

A semelhança ente alguns fenômenos ondulatórios e luminosos faz com que alguns cientistas proporem um modelo no qual a luz seria um tipo de onda.

Entretanto, no início do século XX, existiam alguns fenômenos físicos que não podiam ser explicados nem com o modelo corpuscular quanto com o modelo ondulatório. Era o caso do efeito fotoelétrico e os espectros atômicos.

O fenômeno que se conhece hoje por efeito fotoelétrico corresponde à emissão de elétrons pela superfície de um metal quando este é atingido pela luz.

Foi Albert Einstein quem formulou uma hipótese segundo a qual a luz fosse constituída por “partículas” sem massa, atualmente denominada fótons. Na verdade, a ideia de quantização no mundo quântico, veio com Max Planck em 1900. Einstein percebeu que essa sutileza na natureza da luz resolveria muitos problemas. Seu trabalho foi reconhecido e agraciado com o prêmio Nobel de 1921.

Mas afinal, a luz é onda ou partícula?

A luz é uma onda eletromagnética. Ponto. Mas, atualmente, a Física Quântica considera os dois comportamentos para a luz. A chamada **dualidade onda-partícula**. Na verdade, esse nome vem de uma falta de imaginação de nós físicos. A luz, como dito anteriormente, é uma onda. Mas, em determinadas situações, é possível fazer experimentos em que ela parece se comportar como uma partícula, e não é errado você considerar ela dessa maneira, e hora se comporta como onda. Isso se deve a quantização da matéria. Mas lembre-se, a luz é uma onda e sua velocidade de propagação no vácuo é de cerca de 299 792,458 km/s. Ou seja, muito alta. Mas ainda assim é uma velocidade finita.

Para se ter uma ideia desse valor, basta fazermos a relação de que em 1s a luz percorre cerca de 300 000 km. Por esse fato da luz ser tão rápida, é utilizada para se medir distâncias no espaço o tempo que a luz viajaria em 1 ano. Ou seja, **um ano-luz**, diferente do que muitos pensam, não é uma unidade de tempo, e sim de distância. Essa unidade astronômica equivale aproximadamente em km a 9,5 vezes 10 seguido de 12 zeros!

4. Instrumentos Ópticos

Quando falamos de telescópios, logo vem a mente esses telescópios convencionais, ou mesmo lunetas astronômicas. Mas, além desses citados anteriormente, existe uma gama de aparelhos que captam a radiação eletromagnética fora da faixa do visível, isto é, ao longo de diferentes regiões do espectro eletromagnético. Para se ter uma ideia, existem telescópios capazes de detectar radiação infravermelha, raio-X, micro-ondas e radiofrequência. Você deve estar se perguntando o porquê de tantos telescópios e quem são os responsáveis pela emissão desses espectros.

Objetos astronômicos emitem raios-X quando há matéria demasiadamente quente. Por esse lado podemos imaginar que discos de acreção em torno de buracos negros, supernovas, estrelas binárias, estrelas de neutros, anãs brancas ou mesmo buracos negros são objetos capazes de emitir esse tipo de radiação.

Já a radiação infravermelha tem origem na vibração molecular, que gera oscilações nas cargas elétricas constituintes dos átomos e provoca a emissão de radiação, por isso, esse tipo de radiação está associada ao calor. Desse modo, podemos relacionar também os exemplos anteriores com esse tipo de radiação.

A radiação de micro-ondas possui uma origem um pouco mais “hollywoodiana”. Ela está relacionada com a expansão do nosso Universo. Ou seja, a radiação cósmica de fundo em micro-ondas, esse é o nome que essa recebe, é uma predição da teoria do Big Bang. Segundo essa teoria, no início, o nosso Universo estava confinado à minúsculos espaços, e conseqüente, muito quente. De repente toda a energia que antes estava comprimida, foi liberada, gerando a expansão desse. Os rastros dessa expansão são detectados através das micro-ondas. A detecção dessas, de certa forma, é como ouvir o Big Bang.

5. A Estrutura do Universo

A teoria do Big Bang, a teoria mais aceita pelos cientistas a respeito do início do Universo, depende de duas suposições principais: a universalidade das leis da física, ou seja, as mesmas devem valer para qualquer lugar do nosso Universo, e o princípio cosmológico, que afirma que, em grandes escalas, o universo é homogêneo e isotrópico. **Isotrópico** significa que as propriedades não variam em função da direção, ao passo que **homogêneo** seria mais próximo de uniforme.

Isso pode soar meio simples, mas acredite, essas afirmações refletem em proposições poderosas.

Por exemplo, a relatividade geral descreve o espaço e o tempo como sendo algo único, daí o nome espaço-tempo, por uma métrica, que determina as distâncias que separam pontos próximos. O princípio cosmológico implica que a métrica deve ser homogênea e isotrópica em grandes escalas, o que singularmente destaca que esta métrica contém um fator de escala, que descreve como o tamanho do universo muda com o tempo. Isto permite uma escolha conveniente de um sistema de coordenadas a ser feito, chamado coordenadas comóveis. Neste sistema de coordenadas a referencial se expande junto com o universo e os objetos que estão se movendo apenas por causa da expansão do universo permanecem em pontos fixos. Enquanto a distância comóvel deles permanece constante, a distância física entre dois pontos semelhantes cresce proporcionalmente com o fator de escala do universo.

Ok, mas o que isso significa?

Significa que o Big Bang não é uma explosão de matéria se movendo para fora para preencher um universo vazio. Em vez disso, o espaço em si se expande com o tempo em todos os lugares e aumenta a distância física entre dois pontos comóveis. Em outras palavras, o Big Bang não é uma explosão no espaço, mas sim uma expansão do próprio espaço! Por isso, não faz sentido perguntar o que tinha antes do Big Bang, pois o “antes” não existia, uma vez que o espaço, o tempo e o espaço-tempo só surgiram com o Big Bang. Sendo estes, ele mesmo.

6. Buracos Negros

Como dito anteriormente, um **buraco negro** é uma região do espaço da qual nada, nem mesmo partículas movendo-se à velocidade da luz, podem escapar. Este é o resultado da deformação do espaço-tempo, causada após o colapso gravitacional de uma estrela massiva com pelo menos 30 vezes a massa do Sol.

Um **buraco negro** começa a partir de uma superfície esférica denominada horizonte de eventos, esta é a região a partir da qual, se algo a atravessar, não poderá regressar devido ao grande campo gravitacional. O adjetivo negro em buraco negro vem do fato de que se presumia que este não refletia nenhuma parte da luz que venha atingir seu horizonte de eventos, atuando assim como se fosse um corpo negro perfeito em termodinâmica, porém, atualmente existe a teoria da radiação Hawking que, resumidamente, prevê que os buracos negros não são realmente negros.

Essa teoria abre espaço para **Buracos Brancos**. Seria similar à um buraco negro, só que ao contrário. Por exemplo, em vez de “sugar” toda matéria, o buraco branco expilaria matéria. Buracos brancos e negros estariam conectados. Esse tipo de estrutura permite a existência de Buraco de Minhocas .

Mas o que são esses buracos?

Um buraco de minhoca, nada mais é que um “atalho” através do espaço-tempo. Por exemplo, o mesmo conectaria locais distantes no universo, permitindo viajar entre eles mais rápido do que a luz levaria para transitar pelo espaço normal, ou seja, em linha reta.

Para ilustrar, imagine a seguinte situação:

Você é um ser bidimensional confinado a viver em uma folha. Se você quiser por exemplo, ir de norte a sul nesta folha, a menor distância possível seria uma reta. No entanto, com um buraco de minhoca a conexão entre os dois pontos é imensuravelmente menor, uma vez que o mesmo funcionaria como ponte entre esses dois pontos.

Tal buraco seria semelhante a dobrar a folha ao meio e conectar as pontas por um túnel.

Ok, se tudo isso já soa como filme de ficção científica, espere para ver as consequências do mesmo.

Vamos lá então. Se o buraco de minhoca conecta duas regiões do espaço e, segundo a Teoria da Relatividade geral, espaço e tempo são uma coisa só, isso significa que buraco de minhoca pode nos levar para o passado, ou mesmo para o futuro? Funcionando como uma máquina do tempo?

A resposta é sim. Mas veja, viajar para o futuro, cientificamente falando, já é possível. A Relatividade Restrita já nos proporciona esse tipo de coisa. Basta estarmos a uma velocidade consideravelmente alta. Quão alta? Suficientemente ao ponto dessa ser uma porcentagem considerável da velocidade da luz. Mas essa viagem, não seria instantânea. Seria mais próximo à uma “diferença de fusos” do que uma viagem propriamente dita.

Agora, viajar para o passado não é tão simples como os filmes mostram. Existem Leis Físicas que impedem e acabam gerando paradoxos. Um exemplo é o paradoxo de bootstrap.

7. Entropia

Para que possamos compreender a lógica por trás desse paradoxo, precisamos primeiro entender um pouco sobre a entropia e suas consequências.

O conceito de **entropia**, em geral, está associado ao grau de desordem espacial e energética das partículas que compõe um sistema. Assim, quanto maior a entropia, maior tende ser a “desordem” do sistema e, conseqüentemente, menor a organização deste.

Uma das implicações da segunda lei da Termodinâmica é que para um sistema termodinâmico isolado que evolui espontaneamente, a entropia total se mantém constante ou aumenta com o tempo. **Mas nunca diminui**. Uma consequência disto é que o calor não pode passar naturalmente dos corpos mais frios para os mais quentes.

(BARRETO & XAVIER, 2016, p. 118).

Falemos de viagem no tempo para o passado agora.

Digamos que, de alguma maneira, conseguíssemos viajar para o passado. E, por algum motivo, impeçamos a existência do nosso pai assassinando nossos avós. Consequentemente, estaríamos impedindo nossa existência, e gerando um paradoxo.

No entanto, segundo a segunda lei da Termodinâmica, esse viajante estaria mudando a entropia desse sistema do passado. E como, ao passar do tempo, a entropia só tende a aumentar, é impossível que a entropia do passado seja maior que a do futuro. Logo, é impossível viagens no tempo para o passado na mesma linha temporal.

Uma maneira de por causa de possibilidade de influenciar o tempo passado enquanto viaja no tempo, é explicada de maneira que esse viajante, por mais que tentasse, só estaria cumprindo o seu papel na criação da história, e não a modificando. Mas de qualquer forma, não se assuste, são apenas hipóteses. Não temos provas de que seja possível esse tipo de viagem. Pelo menos por enquanto.