



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA LICENCIATURA

HÉLIO SILVA OLIVEIRA

**A FÍSICA MODERNA E O ENSINO MÉDIO: DA EVOLUÇÃO DA FÍSICA ÀS
DIFICULDADES DE TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DE TEMAS ATUAIS**

São Luís

2017

HÉLIO SILVA OLIVEIRA

**A FÍSICA MODERNA E O ENSINO MÉDIO: DA EVOLUÇÃO DA FÍSICA ÀS
DIFICULDADES DE TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DE TEMAS ATUAIS**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Física da Universidade Federal do Maranhão, para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Edson Firmino Viana de Carvalho

**São Luís
2017**

Oliveira, Hélio Silva.

A física moderna e o ensino médio: da evolução da física às dificuldades de transposição didática de temas atuais. Hélio Silva Oliveira – São Luís, 2017.

46 f.

Impresso por computador (fotocópia).

Orientador: Edson Firmino Viana de Carvalho.

Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2017.

1. História da Física. 2. Física Moderna. I. Título.

HELIO SILVA OLIVEIRA

**A FÍSICA MODERNA E O ENSINO MÉDIO: DA EVOLUÇÃO DA FÍSICA ÀS
DIFICULDADES DE TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DE TEMAS ATUAIS**

Monografia apresentada ao Curso de Física da
Universidade Federal do Maranhão, para obtenção do
grau de Licenciado em Física.

Aprovada em / /

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Edson Firmino Viana de Carvalho (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Eder Nascimento Filho
Universidade Federal do Maranhão

Prof^a. Esp. Ivone Lopes Lima
Universidade Federal do Maranhão

*Aos meus pais Francisco das Chagas Oliveira,
minha irmã Kelly Silva Oliveira (em memória) e
minha mãe Maria das Mercedes Silva Oliveira. .*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por mais uma vitória das muitas que já me concedeu.

A minha mãe Maria das Mercedes Silva Oliveira, irmãos Raimundo Nonato Oliveira, Francisco Silva Oliveira, Manoel Messias Oliveira, Antonio Silva Oliveira, Genivaldo Silva Oliveira, Genilton Silva Oliveira, Ricardo Silva Oliveira, sobrinhos, tios e toda família, pelo apoio e incentivo.

Aos amigos: pastor Wilmar Raimundo Vieira Ferreira, Isaelma Silva Ferreira, Helen Silva Ferreira, José Raimundo Abreu Soares, Cleimar Ferreira Soares, Thaynara Ferreira Soares, Tayane Ferreira Soares, Maria Lúcia Santos, Keila Lopes Prado, Acrísio Gonçalves da Silva Júnior, Francinaldo Nascimento Lopes, Jodiane Pires de Sousa.

Aos colegas de curso, com os quais compartilhei dúvidas, conhecimento e amizade.

Aos professores, que reconhecidamente me fizeram chegar ao final deste curso.

Aos componentes da banca, que se dispuseram para esta avaliação e assim contribuem para minha graduação.

Ao professor Dr. Edson Firmino Viana de Carvalho, que foi fundamental para suprimir minhas dúvidas na elaboração deste trabalho de conclusão de curso.

"A ciência é a aproximação progressiva do homem com o mundo real"

Max Planck

RESUMO

Este trabalho faz uma abordagem sobre a origem e a evolução de algumas ideias que culminaram no surgimento da Física Moderna e Contemporânea e mostra ainda sua relação com a sala de aula. Inicialmente, comenta-se sobre a Ciência na Idade Antiga, período em que os fenômenos naturais eram explicados sob uma perspectiva divina, para então tratar da evolução desta quando recebeu as denominações de Física Clássica, Física Moderna e Física Quântica. Isto depois de um rompimento da maneira de se analisar a realidade, inaugurada por Galileu Galilei no século XVI, que apesar de ser classificado como modernista, teve suas ideias durante o período Renascentista. O que se consolidou como mudança serviu como base para as ideias corpusculares que se instauraram a partir de então por Isaac Newton até os trabalhos do início do século XX de Albert Einstein. Atualmente, desenvolve-se muitas tecnologias a partir de concepções da Ciência Física, em que suas principais são reconhecidas pelo prêmio Nobel, na qual neste trabalho faz-se breves comentários sobre os últimos cinco. Mas a Física não se restringe à pesquisa, há também o ensino e aprendizagem. Neste sentido, observa-se que no currículo atual das escolas de Ensino Médio, não há conexão entre os últimos avanços científicos e a sala de aula, o que talvez explique a dificuldade no aprendizado dos conteúdos de Física, a interdisciplinaridade e suas contextualizações.

Palavras-chave: História da Física. Física Moderna. Ensino de Física

ABSTRACT

This work takes an approach on the origin and evolution of some ideas that culminated in the emergence of Modern and Contemporary Physics and also shows its relation with the classroom. Initially, it talks about the Science in the Old Age, period in which the natural phenomena were explained from a divine perspective, then to deal with the evolution of this one when it received the denominations of Classical Physics, Modern Physics and Quantum Physics. This after a break in the way of analyzing reality, inaugurated by Galileo Galilei in the sixteenth century, who despite being classified as modernist, had his ideas during the Renaissance period. What was consolidated as a change served as a basis for the corpuscular ideas that were established from then on by Isaac Newton until the beginning of the century of Albert Einstein. Nowadays, many technologies are developed from conceptions of Physical Science, in which its main ones are recognized by the Nobel Prize, in which in this work it makes brief comments on the last five. But physics is not restricted to research, there is also teaching and learning. In this sense, it is observed that in the current curriculum of high schools, there is no connection between the latest scientific advances and the classroom, which may explain the difficulty in learning the contents of Physics, interdisciplinarity and contextualizations.

Keywords: History of Physics. Modern physics. Physics Teaching

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sócrates, filósofo da Antiguidade e seus alunos	17
Figura 2 - Esquema da estrutura do átomo com suas principais partículas subatômicas.	27
Figura 3 - Gráfico mostrando a interação da radiação com a matéria a partir do experimento do corpo negro.	28
Figura 4 - Representação do efeito Magnetorresistência Gigante	32
Figura 5 - Representação gráfica da pesquisa de Haroche	33
Figura 6 - Demonstração gráfica da pesquisa de David Wineland	34
Figura 7 - Ilustração esquemática do complexo de aceleradores de partículas que compõem o LHC	35
Figura 8 - Luzes de led azul.	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 Objetivos específicos	15
3 A EVOLUÇÃO DA CONCEPÇÃO CIENTÍFICA	16
3.1 A Ciência na Antiguidade	17
3.2 Ciência na Idade Média e Renascimento	18
3.3 A Ciência na Idade Moderna	19
4 A CIÊNCIA FÍSICA	22
4.1 Conceito	22
4.2 Primeiras manifestações	23
4.3 Divisões da Física	24
4.3.1 Física Moderna	25
4.3.1.1 Física Quântica	26
4.3.1.2 Teoria da Relatividade	29
4.4 A Física e o Nobel	31
5 O ENSINO DA FÍSICA	39
6 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	42
REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

Por séculos perduraram as explicações dos fenômenos naturais sob uma percepção teocêntrica, como sendo míticos e divinos, em que somente alguns privilegiados, que em sua maioria eram as autoridades religiosas, entendiam os processos pelos quais aconteciam estes fenômenos. No entanto, as inquietações eram muitas e induziam alguns questionamentos, ou seja, a busca pelo conhecimento científico. Algumas questões como, por exemplo, o movimento dos corpos materiais e as variações de temperatura norteavam constantes discussões.

De acordo com Mondin (1986), o primeiro questionamento do homem foi cosmológico, ao se querer entender a origem das coisas, de que se constituía o mundo, como se chegou ao complexo sistema do universo. Assim, os povos, desde os mais primitivos, começaram a questionar o universo, os fenômenos e dessas especulações surgiram os mitos, que são as primeiras tentativas de explicar o universo. Nesta época, as explicações dos complexos fenômenos eram atribuídas ao sobrenatural, à ação de deuses ou de forças da natureza, isto é, um saber dominado por crenças religiosas e costumes culturais (SANTOS, 2007).

As explicações a partir do divino atribuídas à forças da natureza se desenvolveram em várias partes do mundo, inicialmente em um tempo neolítico e permaneceram entre muitos povos por séculos. Atualmente, ainda se observa com bastante veemência no meio de grupos culturais e religiosos, mesmo sendo contestadas pelas teorias cosmológicas modernas alcançadas com o desenvolvimento técnico-científico. Esta relação entre o divino e o cosmos é que dar alicerce para o surgimento do mito (SANTOS, 2007).

A cosmologia mítica se desenvolveu na civilização grega antiga, aproximadamente no século IX a.C., representada com destaque nas narrativas de Homero e Hesíodo, cujas lendas e histórias o povo acreditava serem profecias dos deuses ou das musas. Suas histórias dizem como os deuses se relacionam entre si, com os mortais e dos deuses com a natureza, procurando explicar como ocorrem os fenômenos (SANTOS, 2007). Dessa forma, para o homem grego antigo tudo é divino, isto é, acontece por obra dos deuses, como por exemplo, as ondas do mar, os trovões, os raios, o sol e mesmo os fatos relacionados a sua vida interior, social, as guerras, as cidades etc. Mas essa forma de explicar os fenômenos também

começa a ser questionada, surgindo novas indagações, críticas e uma nova forma de se pensar a cosmologia. As explicações surgem inicialmente teóricas, elaboradas por pensadores que já não acreditam mais em lendas, mitos ou deuses, partindo então de uma observação racional da natureza.

No contexto dessa nova ótica surge Tales, nascido na cidade de Mileto, que viveu no começo do século VI a. C. Para Tales, a origem do cosmo não foi obra dos deuses, mas de um elemento existente na própria natureza. Ele não explica como elaborou essa teoria, mas aponta para a existência de um *arché*, que se constitui de um princípio comum a tudo que existe. Esse princípio é um elemento da *physis*, da natureza: a água (SANTOS, 2007).

Os primeiros passos em direção à ciência revelam apenas algumas de suas características. A explicação de Tales tem características mítica e científica, ele verificou que a água tudo fazia crescer e viver enquanto sua ausência fazia os seres secar e morrer. Outras observações relevantes feitas por ele foi a de que há mais água que terra na natureza; que o corpo humano também contém água; que este elemento se encontra na natureza nos estados líquido, sólido e gasoso. Daí concluiu que tudo surge a partir da água. Tales não apresenta uma explicação científica, mas desafiava quem o contestava a desmentir sua teoria (ALMEIDA, 2004).

Outros pensadores apareceram na Grécia e se distanciaram ainda mais da teoria mítica. Demócrito, que viveu entre o século V e IV a. C. foi o primeiro filósofo naturalista que mostrou que a natureza tinha suas próprias leis. Ele defendia que existia era formado de pequenas partículas indivisíveis (átomo), unidas entre si de formas diferentes, que na realidade nada mais existia que os átomos e o vazio no qual se deslocavam (ALMEIDA, 2004).

Enquanto as ciências da natureza baseavam-se em especulações e em observações avulsas, as ciências matemáticas se desenvolviam com resultados mais objetivos, com os teoremas de Pitágoras no campo da geometria. A Escola de Pitágoras ainda relacionava os números ao pensamento mítico e religioso, o que mostra como a ciência e a religião se misturavam nos primeiros tempos da humanidade (ALMEIDA, 2004).

Os resultados matemáticos eram consensuais, a origem do universo e das coisas se explicavam por especulações que se contrapunham. Dessa forma, a Matemática passa a ser um modelo de certeza, mas não podia ser empregado para

o estudo da natureza, pois o estudo desta dependia da observação. Por muito tempo os filósofos acreditaram que somente a Matemática era verdadeiramente científica, até que Galileu e Newton, já no século XVII, mostraram que a Matemática pode ser aplicada à natureza e que as ciências da natureza deveriam ter outro método de observação diferente da que se fazia até então (ALMEIDA, 2004). Pois até o surgimento de suas teorias, o pensamento científico ainda era baseado puramente nas ideias datadas da Grécia Antiga, principalmente, por Aristóteles.

O presente trabalho se propõe a traçar um paralelo da trajetória da Física, perpassando por outras ciências através de uma análise cronológica, que mostra justamente a importância que cada período representou para a Física atual até o que se propõe a ensinar no Ensino Médio.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Mostrar a influência de algumas concepções científicas em determinados períodos situados na história para o desenvolvimento da Física Moderna.

2.2 Objetivos específicos

- Fazer breve histórico sobre a evolução da ciência;
- Identificar as principais ideias que influenciaram o saber científico;
- Relacionar o pensamento científico ao surgimento da Física Moderna;
- Tratar, resumidamente, dos últimos avanços científicos através das nomeações dos últimos prêmios Nobel;
- Mostrar se há transposição dos conteúdos de Física Moderna em escolas do Ensino Médio.

3 A EVOLUÇÃO DA CONCEPÇÃO CIENTÍFICA

Não se pode definir o exato momento do nascimento da ciência, no entanto, sabe-se que os gregos antigos se preocupavam em conhecer e tentar explicar as coisas e os fenômenos. Então, atribui-se aos gregos as primeiras ideias sobre ciência, já que foram eles os primeiros a tratar o pensamento de forma sistemática. Atualmente, a inteligência humana é dividida em três concepções científicas que são: o racionalismo, que segue como modelo e objetividade a Matemática; o empirista, que segue como modelo de objetividade adotado pela medicina grega e da história natural do século XVII; e o construtivista, que adota a ideia de razão como conhecimento aproximativo (CHAUÍ, 2000).

A concepção racionalista nasceu com os gregos e permaneceu até o final do século XVII, preceitua que a ciência é um conhecimento racional dedutivo e demonstrativo como a Matemática e, sendo assim, capaz de provar a verdade necessária e universal de seus enunciados e resultados, sem deixar dúvidas.

Os gregos também desenvolveram a concepção empirista, que predomina a partir da medicina grega de Aristóteles até o final do século XIX. Para esta concepção, a teoria científica resulta das observações e dos experimentos, se contrapondo ao pensamento racionalista. Para o empirismo, a ciência interpreta os fatos observados e, por indução, oferece definições e propriedades do objeto de estudo.

O pressuposto das duas concepções supracitadas é o mesmo, isto é, de que a teoria científica é uma explicação da realidade, tal como ela é em si mesma. No século XX surge a concepção construtivista, que define a ciência como uma construção de modelos explicativos para a realidade e não uma representação da própria realidade.

Não obstante a existência de várias concepções, a ciência utiliza métodos e todo pesquisador encaminha a definição de seus procedimentos aproveitando aquilo que melhor considera de cada teoria formulada. Desta forma, encontramos na literatura algum marcos temporais para as concepções sobre a ciência e que discutiremos nas seções seguintes.

3.1 A ciência na Antiguidade

No desenvolvimento do homem para conhecer os fenômenos da natureza, o conhecimento primitivo dá lugar à busca do saber pelos filósofos da Grécia pós-Antiguidade. Importante ressaltar que esses filósofos tinham suas ideias quase que totalmente influenciadas pela igreja. Apesar da hegemonia grega, todos os povos da Antiguidade explicavam os fenômenos da natureza pela Mitologia e pela Religião. Foi na Grécia que emergiu a especulação científica, e os primeiros cientistas foram os primeiros filósofos gregos, que, embora sem instrumentos adequados e sem a experimentação, preocupavam-se em formular explicações racionais para o universo e seus fenômenos sem recorrer aos mitos e à religião (CIÊNCIA, 2010).

No espaço compreendido entre o século V a. C. até a primeira metade do século IV a. C., época de Sócrates, os cientistas abandonam o interesse pelos fenômenos naturais e focam suas observações no comportamento humano e nas suas causas. Foi nesse contexto que se desenvolveu a ciência médica, que logo se desvinculou da Filosofia (CIÊNCIA, 2010).

Figura 1 - Sócrates, filósofo da Antiguidade e seus alunos



Fonte: Ciência, 2010

No século III a. C., a ciência grega obteve grande impulso e a partir do século I a. C. estabelece a necessidade da experimentação para o desenvolvimento da

ciência. No período Greco-Romano, a ciência grega alcança maior prestígio e elabora alguns conceitos matemáticos e astronômicos que perduraram por toda Idade Média e começo do Renascimento (CIÊNCIA, 2010).

Neste contexto, desenvolveu-se a importância da Filosofia para os questionamentos, porém antes dela, alguns povos já demonstravam conhecimentos de aplicações práticas de alguns conceitos matemáticos, como, por exemplo, a geometria, apesar de terem sido os gregos pré-socráticos que se dedicaram à racionalização e transformação do conhecimento empírico em ciência através de demonstrações.

3.2 Ciência na Idade Média e Renascimento

Na Idade Média, período histórico que vai do século V ao XV, a Filosofia continua vinculada à ciência, sendo a Teologia considerada a ciência mais importante deste período, com grande importância para o exercício do intelecto. No entanto, o exercício da leitura era um privilégio restrito aos mosteiros e somente os monges estudavam em livros filosóficos e religiosos

No campo da ciência, o desenvolvimento ocorreu por meio da tradução de diversos manuscritos gregos e árabes, que contribuíram para o progresso da Matemática, Astronomia, Biologia e da Medicina. No que concerne ao conhecimento técnico, foram desenvolvidas aperfeiçoamentos para setores da navegação, como, por exemplo, a invenção da bússola, do astrolábio e o desenho de mapas (SANTOS; NASCIMENTO, 2007).

Um dos grandes expoentes da ciência medieval foi Roges Bacon (1214-1294), que se utilizava da observação da natureza e da experimentação, como forma de respaldar o saber científico (SANTOS; NASCIMENTO, 2007).

Após a Idade Moderna surge o Renascimento (séculos XV e XVI), que é caracterizado como um período de transição entre a Idade Média e a Idade Moderna. O Renascimento foi um movimento que repercutiu nas ciências e nas artes, criando novas bases conceituais e introduzindo valores que possibilitaram a revalorização da razão. Opôs-se ao Teocentrismo Medieval (Deus como centro) e fez do homem o centro do conhecimento (Antropocentrismo). Com o Renascimento, desenvolveu-se o Racionalismo, ou seja, a explicação do mundo pela razão e não

mais somente pela fé, cujo método científico é baseado na observação experimental e uma mente mais aberta ao livre estudo da natureza, para descobrir os fenômenos que a regem (RENASCIMENTO, 2016).

Há divergências entre os pesquisadores sobre o começo do Renascimento, mas existe consenso de que se trata de um período de transição entre a Antiguidade e a Modernidade. Foi um movimento que destituiu o domínio da Igreja dos diversos campos da atividade humana e da descoberta e criação de novas correntes de pensamento. Discordam também os historiadores quanto à questão da ruptura com a Idade Média. Uns defendem que foi um desligamento total, enquanto outros identificam uma continuidade ao ponto de definir seu início para o século XII, quando surgiram as primeiras universidades (COSTA, 2011). Mesmo não havendo uma data consensual, sabe-se que a nova concepção de mundo no período renascentista estabeleceu um importante marco na produção do conhecimento.

O Renascimento foi considerado o movimento que introduziu as condições para o desenvolvimento da ciência na Idade Moderna. Vários são os cientistas que se destacaram neste período. Na Astronomia foi Nicolau Copérnico (1473-1543), com sua tese, comprovada por Johan Kepler (1571 – 1630) de que os planetas giravam em torno do Sol. Na Medicina Mundinus, com sua dissecação de cadáveres contribuiu para o conhecimento da anatomia humana; Galileu Galilei, com estudos que fundamentaram a lei da queda dos corpos; e ainda Leonardo da Vinci, com seus experimentos relacionados à hidráulica e à hidrostática (LIMA, 2010).

Estes cientistas são apenas alguns dos muitos que surgiram no Renascimento. Por suas realizações, observamos que possibilitaram um grande salto na forma de obtenção do conhecimento, saindo da forma contemplativa para utilização de argumentos racionais.

3.3 A ciência na Idade Moderna

Independente da época, a ciência faz parte da vida do homem, mas sempre rompendo paradigmas e elaborando novas concepções. Na Idade Moderna houve praticamente muitas revoluções e os métodos proporcionaram mais exatidão nos resultados.

Apesar do reconhecimento da ciência em todos os tempos, foi na Idade Moderna que alcançou grande prestígio, chegando a um nível tão importante que substituiu a religião que explicava e organizava a vida no período medieval. O discurso científico sobrepõe-se ao discurso da igreja católica, que perde o monopólio do conhecimento, isto decorrente de um processo denominado de “Revolução Científica”. No final do século XVIII, a ciência moderna passa a integrar todos os atos da vida do homem (ROSSONI, 2005).

Para identificar a ciência moderna, os estudiosos estabeleceram como características desta a crença de que a ciência levaria à verdade, à certeza. Hoje já não existe esta crença, no entanto o homem contemporâneo acredita na ciência como fonte de segurança (ROSSONI, 2005).

Acontecimentos importantes marcaram a Idade Moderna (século XV ao século XVIII), entre eles as Grandes Navegações, a Reforma e o Renascimento, que alteraram profundamente a política, a economia, a sociedade e a cultura, fazendo com que modos de vidas fossem abandonados e outros fossem adotados.

Na concepção de Cidade (2001), a ciência moderna trouxe expansão dos horizontes do conhecimento, mas ao mesmo tempo apresentou crise. No sistema moderno, a razão, o método analítico e a separação sujeito-objeto representam pilares de inúmeras conquistas científicas, no entanto, limites há muito estabelecidos vêm sendo rompidos com as descobertas da Física em direção ao infinito e ao infinitesimal.

A ciência da Idade Moderna tem dois traços fundamentais: a experimentação e a matematização. Os principais estudiosos que criaram a ciência moderna são Galileu Galilei, René Descartes, Christiaan Huygens, Robert Boyle e Isaac Newton. Todos apresentaram novas perspectivas, sendo que Descartes desenvolveu a teoria que serviu de base a toda ciência nos séculos XVII, XVIII e XIX, e ficou conhecida como o mecanicismo, que preceituava que a base de tudo que ocorre no mundo físico seriam processos mecânicos, ou seja, que envolve o movimento de corpos.

Os cientistas da Idade Moderna romperam com os estudos anteriores em filosofia natural, que para eles tinham uma dependência excessiva de especulações metafísicas e um apego exagerado à opinião de autoridades, particularmente Aristóteles, cujas ideias dominavam a filosofia há mais de 1800 anos (CHIBENI, s.d.).

Cohen afirma que:

Considera-se o ano de 1543 como o ano de nascimento da Ciência moderna. Nesse ano foram publicados dois livros de grande importância, que levaram a mudanças significativas no conceito humano de natureza e do mundo: um foi “*Sobre a Revolução das Esferas Celestes*”, do clérigo polonês Nicolau Copérnico e outro “*Sobre a Estrutura do Corpo Humano*”, do flamengo André Vasalius. O último tratou do corpo humano sob o ponto de vista da exata observação anatômica, e assim reintroduziu na Fisiologia e na Medicina o espírito de experimentação que tinha caracterizado os escritos dos anatomistas e fisiologistas gregos, dos quais o último e maior tinha sido Galeno. O livro de Copérnico introduziu um novo sistema de Astronomia, que se chocava com as noções geralmente aceitas de que a Terra estava em repouso (COHEN 1967, p. 28).

Com relação ao sistema de Copérnico, ele seria confirmado mais tarde por outros cientistas.

No nascimento da ciência moderna, coube a Galileu Galilei (1564 - 1642) um papel preponderante. Foi astrônomo do período renascentista, considerado por muitos estudiosos o pai da ciência moderna. Foi o primeiro cientista a combinar observação experimental com a descrição dos fenômenos num contexto teórico, com leis expressas em formulação matemática. Pode-se até considerar que ele marcou a transição da filosofia natural da Antiguidade ao método científico atual (MARQUES; BECHARA, 2007).

De acordo com Galileu, o universo é “um grande livro que continuamente se abre perante nossos olhos”. No entanto, o filósofo alerta que para que o universo seja compreendido é preciso antes que se entenda a língua e os caracteres com os quais está escrito, isto é, que o universo está escrito em língua matemática, os caracteres são triângulos, circunferências e outras figuras geométricas. Depreende-se então que para Galileu, a matemática é fundamental para a explicação dos fenômenos naturais (MARQUES; BECHARA, 2007).

A forma de investigação proposta por Galileu prevaleceu no ocidente, apesar de posicionamentos contrários, e contribuiu significativamente para muitos dos avanços da ciência. Até meados do século XX muitos fenômenos considerados complexos foram explicados por meio de modelos matemáticos analiticamente tratáveis (ALMEIDA, 2005).

4 A CIÊNCIA FÍSICA

Existem tantas discussões a respeito da ciência, que tradicionalmente é vista como uma atividade autônoma, objetiva e neutra, fundamentada na aplicação de um código de racionalidade que não aceita interferência externa. Mas se de um lado existem aqueles que não propõem conceito nem definições, há também aqueles que os elaboram. Atualmente, um dos conceitos mais aceitos pela comunidade científica é a proposta pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO): “ciência é o conjunto de conhecimentos organizados sobre os mecanismos de causalidade dos fatos observáveis, obtidos através do estudo objetivo dos fenômenos empíricos” (SILVEIRA; BAZZO, 2005).

No contexto das especificidades da ciência, nasce a Física, que, a partir das descobertas mais remotas, vem evoluindo e propiciando aplicações na tecnologia nas mais diferentes áreas do conhecimento.

4.1 Conceito

O conceito orienta um estudo, e neste recorreremos a Aragão (2006), para quem a Física, inicialmente, foi a ciência da natureza e abrangia o estudo de todos os seres vivos, matéria não-viva, orgânica e inorgânica. Os fenômenos físicos são os mais diversos e por isso foram classificados de acordo com as semelhanças ou diferenças dos objetos ou materiais e quanto aos acontecimentos, quaisquer que fossem os objetos materiais em que se verificam e daí surgiram as diferentes ciências.

A partir do que se depreende de Aragão (2006), pode-se dizer que o objetivo da Física é estudar as propriedades gerais da matéria, dos estados e transformações, independentemente da espécie material e das transformações sofridas pela matéria. Dessa forma, a Física se relaciona profundamente com o estudo das semelhanças entre as coisas, enquanto a Química se volta para o estudo das diferenças.

Nos estudos disponíveis em sites da internet, também encontramos conceitos que pouco se diferenciam: Física é a ciência das propriedades da matéria e das forças naturais. Suas formulações se expressam em linguagem matemática e

compactantes. A investigação experimental e a aplicação do método matemático contribuíram para que se fizesse a distinção entre a Física, a Filosofia e a Religião. Ambas tinham como objetivo comum compreender como se originou e se constituiu o Universo (HISTÓRIA, 2012).

4.2 Primeiras manifestações

Desde o começo da humanidade, o homem tenta compreender a natureza, o seu destino e a utilidade de tudo o que nela existe. Os estudiosos gregos foram os primeiros a elaborar uma teoria concreta sobre os fenômenos naturais que tanto instigavam os grandes pensadores da época. A Física, ou filosofia natural como era chamada, é de interesse de todos e está presente em praticamente tudo o que nos cerca.

A história da Física pode ser entendida a partir do instante em que a humanidade começou a ver e a analisar os fenômenos da natureza sob uma perspectiva racional, abandonando as explicações místicas ou divinas. Na Grécia Antiga, a Física experimentou um período de esplendor, tendo como maior expoente Aristóteles, mas declinou na Idade Média, voltando a ganhar importância durante a revolução científica com o Renascimento. Na metade do século XVI, Galileu publicou suas observações baseadas em experimentação como método científico e por isso foi considerado como o primeiro físico do período moderno.

Após os trabalhos de Galileu, Isaac Newton proporcionou uma grande revolução na Física, com sua lei da gravitação universal (HISTÓRIA, 2016). Suas considerações foram publicadas no livro *Princípios*, que talvez tenha sido uma das mais notáveis obras de toda história da Física, pois contém a síntese de milhares de anos de tentativa para compreensão do sistema de mundo, dos princípios de força e movimento, e da Física dos corpos que se movimentam em meios diferentes. Mesmo que o *Princípios* de Newton tenham sido alterado, melhorado e posto à prova, ainda hoje serve de base para a resolução dos problemas de Mecânica Celeste e da Física dos grandes corpos (COHEN, 1997). De acordo com Cohen (1997), foi dessa época também, a criação do cálculo integral e diferencial, que é a linguagem da Física (HISTÓRIA, 2016)

4.3 Divisões da Física

Com as ciências que foram surgindo, cada qual com seu objeto de estudo, a Física também foi se subdividindo em vários domínios, que são: Mecânica (que se subdivide em Cinemática, Dinâmica, Estática, Hidrostática, Hidrodinâmica, Aerostática e Aerodinâmica), Termologia (Termodinâmica e Calorimetria), Ondulatória, Acústica, Óptica, Electromagnetismo (com as subdivisões em Magnetismo, Eletricidade e Física de Semicondutores), Física Moderna, Teoria da Relatividade (Relatividade geral e Relatividade restrita), Física de Partículas (inclusa nesta a Física Subatômica), Física Atômica, Física Molecular, Física Nuclear, Mecânica Quântica e Mecânica Estatística (INSTITUTO, 2017).

Estes diferentes ramos da Física são definidos como:

- Mecânica – É o ramo da Física que estuda os fenômenos originados dos movimentos dos corpos, os fenômenos mecânicos que se relacionam com a queda dos corpos, colisão de automóveis, movimentos dos planetas e etc. Estuda os corpos em movimento e em repouso. Além de ser o ramos mais antigo da Física, pois desde a Antiguidade que o homem questiona e busca explicações para os movimentos dos corpos. Aristóteles, Galileu e Ptolomeu já estudavam esses movimentos e foram eles que possibilitaram estabelecer algumas das principais leis da Mecânica. Esta divisão da Física estuda, mais precisamente, o movimento uniforme e uniformemente variado; movimento circular; lançamento vertical e oblíquo;
- Termologia – Estuda o calor e os efeitos que ele tem sobre a matéria, é um ramo da Física que existe desde a Antiguidade. O século XIX foi quando houve o maior avanço deste ramo, com expoentes como Joule, Carnot e Kelvin, que com suas descobertas estabeleceram alguns dos principais conceitos desta área, que são calor, temperatura e equilíbrio térmico;
- Movimento Ondulatório – Este ramo estuda os movimentos ondulatórios e tem como objetivo promover o estudo das propriedades, formas e meios de propagação das ondas. O som é uma onda mecânica, logo seu estudo se faz neste ramo;
- Óptica – É o ramo da Física que estuda os fenômenos luminosos, como por exemplo a formação de imagens, em geral estuda a luz visível, ultravioleta, infravermelho,

dentre outras. Também estuda outros fenômenos como raio X, ondas de rádio e micro-ondas;

- Eletricidade – É o ramo da Física responsável pelos fenômenos elétricos e magnéticos. Existem três conceitos que são os mais amplos neste ramo: eletrostática, eletrodinâmica e eletromagnetismo;
- Física Moderna – No final do século XIX, a maior parte dos conceitos da Física estudados hoje já haviam sido estabelecidos, e tudo o que os físicos da época precisaram foi adequar as novas questões às teorias já estabelecidas. No entanto, foram identificados alguns fenômenos denominados de “rebeldes”, que contrariavam as teorias já aceitas. Neste contexto surgem físicos como Max Planck, Albert Einstein e Niels Bohr, que se ocuparam de estudar o que se chama de Física Moderna e Contemporânea. Os focos principais de estudo da Física Moderna e Contemporânea são a Teoria da Relatividade e a Física Quântica (HISTÓRIA, 2016).

A

seguir será discutido com mais detalhes a Física Moderna, destacando seus expoentes, seu ensino na atualidade e como estão as pesquisas.

4.3.1 Física Moderna

Como dito anteriormente, a Física Moderna surgiu no século XIX e engloba estudos nas áreas de Relatividade e Mecânica quântica. O termo Física Moderna é uma denominação do conjunto de teorias que surgiram no começo do século XX, que proporcionaram o surgimento da Mecânica Quântica, da Teoria da Relatividade e de todas as teorias posteriores, assim como as alterações no entendimento científico daí decorrentes (FÍSICA, 2015).

A história da Física Moderna teve início no momento em que o espectro da radiação térmica começou a ser analisado por meio do estudo da radiação emitida por corpos negros. O primeiro a estudar a emissão e absorção de calor, elaborando suas conclusões sobre corpos negros foi o físico alemão Robert Kirchhoff. Depois dos trabalhos de Kirchhoff, todos os estudos sobre a radiação térmica passaram a ser feitos a partir do corpo negro (ANJOS, 2015).

O resultado dos estudos e alterações realizadas em pesquisas no período da Física moderna levou à descoberta de que matéria e energia são equivalentes. Como em bombas atômicas e usinas nucleares, a matéria pode ser uma forma de energia, entendendo-se assim, que matéria é uma grande quantidade de energia organizada (PETRIN, 2014).

Conforme Petrin (2014), a equivalência referida acima está demonstrada em fórmula proposta por Einstein:

$$E = mc^2, \quad 1)$$

em que E é a energia do sistema, m é sua massa e c^2 a velocidade da luz ao quadrado, que é considerada a única constante absoluta do Universo.

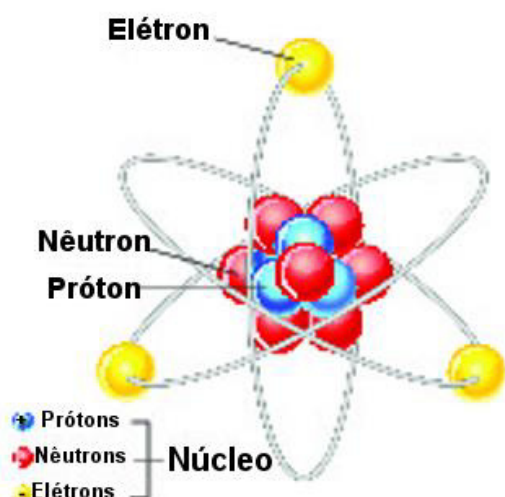
Outra conclusão relevante desse período foi a de que o tempo e o espaço dependem de um referencial. Assim, pode se dizer que as medidas relacionadas ao tempo e ao espaço não são iguais para todos. Por exemplo, o tempo não é o mesmo para uma pessoa que se move na velocidade da luz e para outra que está em repouso (PETRIN, 2014). Com as descobertas de que tempo e espaço são relativos e que a energia é equivalente à matéria, os conceitos e teorias de Newton são superados em relação a diversos fenômenos, principalmente os associados a átomos e moléculas (PETRIN, 2014).

4.3.1.1 Física Quântica

A Física Quântica representa um ramo da Física que vem despertando grande interesse, tanto que têm influenciado em quase todas as outras atividades do conhecimento humano, desde as Engenharias, Medicina, Biologia, Química, Geologia, Matemática, Ciências Humanas e até Filosofia. Em outras palavras, a Física dos Quanta tem proporcionado grandes avanços em relação à interpretação dos fenômenos físicos, assim como na aplicação e construção de dispositivos e instrumentos de medidas, de grande importância para as áreas acima citadas (RIBEIRO FILHO, 2015).

No início do século XX inúmeras pesquisas foram realizadas com o objetivo de investigar o átomo e as partículas sub-atômicas, na tentativa de compreender os blocos básicos que compõem a matéria (Figura 2).

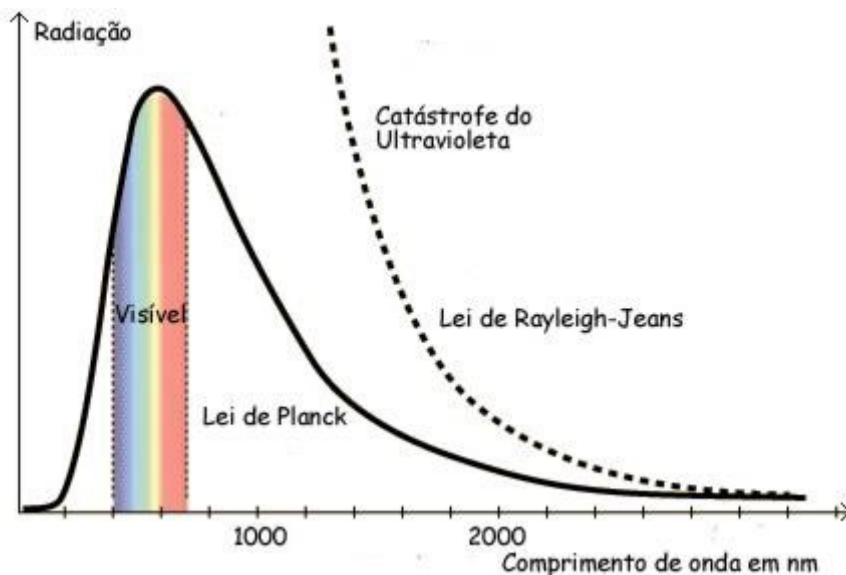
Figura 2 - Esquema da estrutura do átomo com suas principais partículas subatômicas



Fonte: Fogaça, 2017

Os conhecimentos da época, que seguiam as ideias da mecânica de Newton, não explicavam o comportamento do átomo. Foi então que na segunda metade da década de 1920 que Max Planck conseguiu explicar o espectro de radiação do corpo negro. Planck verificou que um pequeno orifício aberto em um corpo oco representa aproximadamente um “corpo negro”. Esse orifício aparecerá negro para corpos em temperaturas usuais, vindo daí o seu nome. Mas à medida que a temperatura se eleva, o orifício se torna vermelho, depois amarelo e, finalmente branco. Cada temperatura corresponde a uma coloração de luz emitida, gerada pela mistura de radiações luminosas de diferentes frequências; cada frequência contribui na mistura em uma determinada proporção, dando uma parcela de energia à energia total irradiada pelo orifício. Essas proporções podem ser medidas de forma experimental (RIBEIRO FILHO; CHIBENI, s.d.). A Figura 3 abaixo demonstra o gráfico de uma grandeza proporcional à energia irradiada em função do comprimento de onda .

Figura 3 - Gráfico mostrando a interação da radiação com a matéria a partir do experimento do corpo negro



Fonte: Chibeni , s.d.

O cálculo dessa grandeza com base em teorias clássicas chegou a resultados discordantes com os dados empíricos e essa divergência constituiu um grande problema para a Física do final do século passado, que depois de várias tentativas fracassadas de obter resultados experimentais corretos a partir das teorias clássicas, Planck percebeu que com a simples introdução da hipótese de que os osciladores eletrônicos, responsáveis pela emissão da radiação eletromagnética (luz), só podem vibrar com determinados valores de energia, então as previsões teóricas puderam estar de acordo com a experiência. A hipótese, além de ser criada para esse fim, não se mostrava admissível, dada a sua incompatibilidade com um ponto básico das teorias da época (CHIBENI, s.d.).

Conforme Chibeni (s.d.), a quantização da energia de oscilação dos elétrons conflita com o caráter contínuo da energia, conforme sempre se aceitou e com razões, inclusive de ordem experimental. Essa hipótese, mesmo desestruturando as bases da Física, acabou sendo provisoriamente tolerada pelos físicos, pois era a única. Assim, prosseguiu o pensamento de que a quantização ocorreria somente nos osciladores eletrônicos atômicos e não na energia irradiada.

Em 1905, Einstein propôs no segundo dos seus três artigos, que a quantização deveria ser estendida à energia eletromagnética livre. Essa proposição ainda mais inaceitável que a de Planck surgiu quando o cientista investigava um fenômeno descoberto por Hertz em 1887, o *efeito fotoelétrico*. Einstein previu que

se fossem realizados experimentos para a medição de certos parâmetros do efeito fotoelétrico, os resultados mostrariam sua hipótese, que forneceria as previsões corretas. Essas previsões eram: 1) que a energia cinética dos elétrons independeria da intensidade da luz; 2) que existiria uma frequência de corte da luz incidente, abaixo da qual o efeito cessa, não importando quão intensa seja a luz; e 3) que os elétrons seriam ejetados imediatamente, não importando quão baixa seja a intensidade da luz (CHIBENI, s.d.)

Em 1914, o físico americano Robert Millikan realizou medições que confirmaram as previsões de Einstein, que com esta comprovação e pela determinação da razão carga/massa do elétron que Millikan ganhou o Prêmio Nobel em 1923. Outra importante confirmação independente da hipótese do quantum de luz surgiu em 1923, quando o físico americano Arthur Compton detectou um fenômeno que ficou conhecido como fenômeno Compton. Assim, as investigações de Planck, Einstein, Millikan e Compton ressuscitaram o debate sobre a natureza da luz (CHIBENI, s.d.).

4.3.1.2 *Teoria da Relatividade*

A Teoria da Relatividade rompeu a barreira do círculo cientista e se tornou uma das mais conhecidas atualmente, principalmente porque remete a duas imagens que marcaram o fim do século XX: “o cogumelo que se forma nas explosões atômicas e a foto do velhinho de cabelos brancos e desgrenhados com a língua de fora”.

No começo do século XX, pensava-se que nada mais houvesse a se descobrir na Física, que tudo já havia sido esgotado nesse campo. Mas foi exatamente em 1905 que o cientista Albert Einstein publicou cinco artigos, na qual dois desses foram sobre a Teoria da Relatividade Geral e a Teoria da Relatividade Restrita.

Um conjunto de eventos foram responsáveis para que Einstein chegasse a suas conclusões a respeito da Relatividade. Ainda na metade do século XIX havia uma busca por uma forma precisa de marcar e sincronizar o tempo. Em 1840, na Inglaterra, foi iniciada a construção de sistemas de rede elétrica para interligar os relógios do país a um relógio central, como forma de marcação da hora de forma

harmônica. Na mesma época, foi pesquisada também uma sincronia dos trens que circulavam pelas ferrovias, como forma de se evitar acidentes. Na Alemanha, foi difundida a ideia de tempo sincronizado mundialmente e logo em seguida a Suíça começou a desenvolver mecanismos que possibilitassem a sincronização de mais relógios, além dos integrados às estradas de ferro (AYDAR et al, 2014).

Nesse contexto, outros cientistas como Poincaré, Lorentz e Abraham se questionavam sobre como o tempo era tratado matematicamente e como “a variável de tempo t mudava em sistemas referenciais”. Foi nesse ambiente de questionamentos sobre a forma de precisar o tempo que, em 26 de setembro de 1905, Einstein publicou, a partir de dois postulados, a Teoria da Relatividade Especial, no artigo “Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento”. Os postulados são: 1 - Todas as leis da Física assumem a mesma forma em todos os referenciais inerciais; 2 – Em qualquer referencial inercial, a velocidade da luz no vácuo é sempre a mesma, seja emitida por um corpo em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme (AYDAR et al, 2014).

Einstein postulou que o tempo e o espaço variam conforme a velocidade de um referencial em movimento. Explicando melhor “uma pessoa que observa um ônibus próximo à velocidade da luz, o comprimento do ônibus pareceria maior e o tempo dentro dele correria mais lentamente em relação ao tempo medido pelo observador”. Toda a velocidade da luz seria a mesma tanto para o observador de fora como para quem observa de dentro do ônibus. Assim, Einstein propõe a dilatação do tempo e a contração do espaço (AYDAR et al, 2014).

Essas ideias permitiram a Einstein desenvolver entre 1907 e 1915, sua nova Teoria, a da Gravitação, denominada de Relatividade Geral. Essa teoria teve uma parte desenvolvida durante a Primeira Guerra Mundial (1914 – 1918), quando a ciência teve um papel importante tanto para pacificar a situação como para desenvolver uma tecnologia bélica, que levou ao agravamento da violência entre os países (AYDAR et al, 2014).

A Teoria da Relatividade contribuiu também para formarmos uma imagem mais realista sobre a natureza deste empreendimento que é a Física, em particular acerca das relações entre teoria, matemática e experiência. Ela ajudou a desacreditar uma visão da Física como uma atividade que utiliza um método que parte sempre de um grande número de observações, obtendo as leis e conceitos por generalização (indução) de observações singulares (FREIRE JUNIOR, 2015, p. 294-295).

A Teoria da Relatividade Geral associa os postulados da relatividade especial, resultando em uma Teoria da Gravitação que permite uma nova forma de ver a interação entre os corpos massivos, intimamente associada com o novo conceito de espaço-tempo. Einstein percebe assim que o espaço pode ser deformado por massas muito grandes e que essa deformação favorece o movimento para uma determinada direção. Isto é, para a Teoria Geral da Relatividade, a gravidade se constitui de uma deformação no espaço-tempo causada por um objeto de grande massa (MENEGASSO; SERIDÔNIO; SOUZA, 2015).

As explicações acima mostram que a Teoria da Relatividade pode ser dividida em duas partes: a restrita e a geral. A primeira pertinente aos conceitos de espaço e tempo; e a segunda relacionada à gravitação. Na Teoria da Relatividade Geral, Einstein investiga as leis da Física em referenciais acelerados e formula uma nova teoria da gravitação, superando a visão de Newton e introduzindo uma noção de espaço curvo. Sendo assim, na Teoria da Relatividade Geral não existe força gravitacional, a gravitação é devido à curvatura no espaço (AYDAR et al, 2014).

A Teoria da Relatividade Geral foi comprovada experimentalmente pelo astrônomo Eddington, em 29 de maio de 1919, em São Tomé e Príncipe, se utilizando de observações do espaço durante um eclipse total do Sol.

4.4 A Física e o Nobel

O avanço da ciência e suas descobertas ganharam o reconhecimento da comunidade científica e de leigos. Então instituiu-se premiações, sendo a mais conhecida delas o Prêmio Nobel, idealizado por Alfred Bernhard Nobel (1833-1890), que descobriu a dinamite. Esta premiação vem sendo outorgada anualmente desde 1901, pela Academia de Ciências da Suécia, a físicos (e outros cientistas), como reconhecimento por suas contribuições relevantes para a humanidade nas diferentes áreas do conhecimento (RIBEIRO FILHO, 2015).

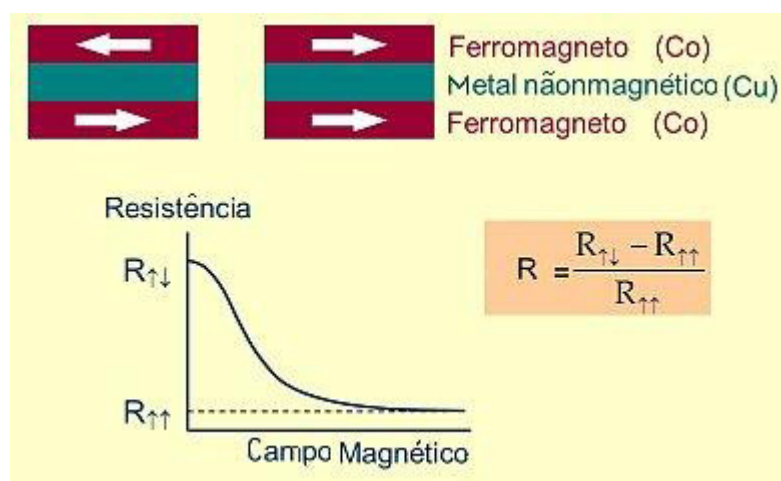
O primeiro físico a receber o Prêmio Nobel, em 1901, foi Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), em reconhecimento à descoberta do Raio-X, evento considerado um marco na Física e que continua a exercer impacto na Medicina. Röntgen, com seu trabalho, abriu caminho para outros cientistas ganharem o Nobel,

dentre eles Antoine Henri Becquerel, Pierre e Marie Curie, pelas observações e interpretações das emissões de partículas provenientes de materiais radioativos (radioatividade) (A IMPORTÂNCIA, 2015).

Um exemplo mais recente são os pesquisadores Albert Fert e Peter Grünberg pela descoberta da Magnetorresistência Gigante, um efeito quântico observado em filmes finos constituídos de camadas finas de metal ferromagnético e não magnético, descoberto em 1988 (A MAGNETORRESISTÊNCIA, 2008). Esse trabalho integra a área da Física da Matéria Condensada e investiga as propriedades de múltiplas camadas de materiais diferentes, denominadas de “super-redes”. As minúsculas partes dessas camadas, de proporções moleculares, induzem as super-redes a apresentar propriedades elétricas e magnéticas bem diferentes daquelas usadas nos materiais contínuos. Neste caso, os pesquisadores utilizaram camadas bem finas de material magnético, separadas por uma camada de material não magnético.

Na Figura 4, tem-se uma representação simplificada deste efeito.

Figura 4 - Representação do efeito Magnetorresistência Gigante



Fonte: A MAGNETORRESISTÊNCIA, 2008

O cobalto é um dos materiais magnéticos usados, enquanto o espaço não magnético se faz com o cobre. Os físicos observaram que quando a espessura das camadas de cobalto é de 11 Angstrom com uma camada intermediária de cobre de 9 Angstrom, a resistência à passagem de elétrons por meio da estrutura é máxima,

sendo este o efeito chamado de Magnetoresistência Gigante (A MAGNETORRESISTÊNCIA, 2008).

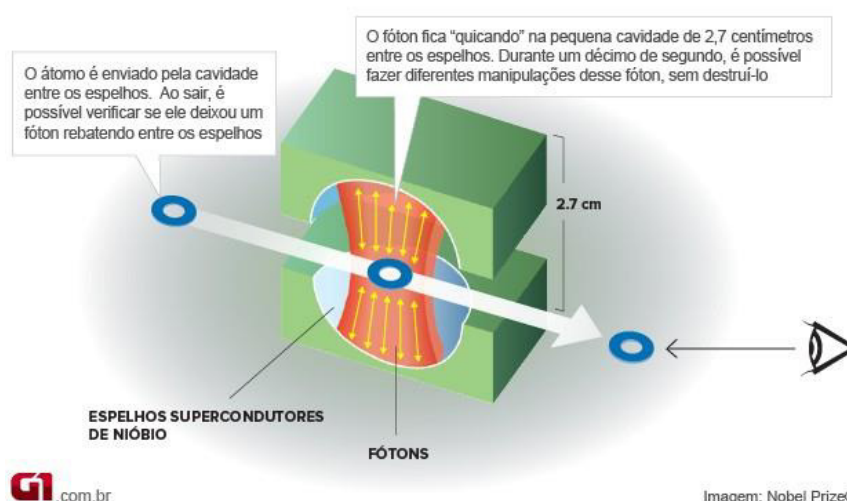
Como foram muitos os ganhadores até os dias atuais do prêmio Nobel, destacamos algumas sem a presunção de o fazer por grau de relevância, nosso critério foi temporal e trataremos resumidamente das cinco últimas retroagindo ao período entre 2012 e 2016.

O francês Serge Haroche, do Collège de France, e o americano David J. Wineland, da Universidade Colorado, são os ganhadores do prêmio Nobel de Física de 2012, ambos com 68 anos, por seus trabalhos com “inovadores métodos experimentais que permitem medição e manipulação de sistemas quânticos individuais” (FRANCÊS, 2012). Em uma nota justificando a premiação, a Academia Real de Ciências da Suécia afirma que os cientistas abriram a porta para uma nova experimentação em física quântica, ou seja, desenvolveram formas de medir partículas quânticas sem destruí-las, o que antes parecia impossível (veja Figura 5).

Figura 5 - Representação gráfica da pesquisa de Haroche

A ‘armadilha’ de fótons de Serge Haroche

Um átomo de Rydberg (com tamanho aumentado) atravessa um sistema com dois espelhos muito reflexivos e pode deixar um fóton “quicando” entre os espelhos



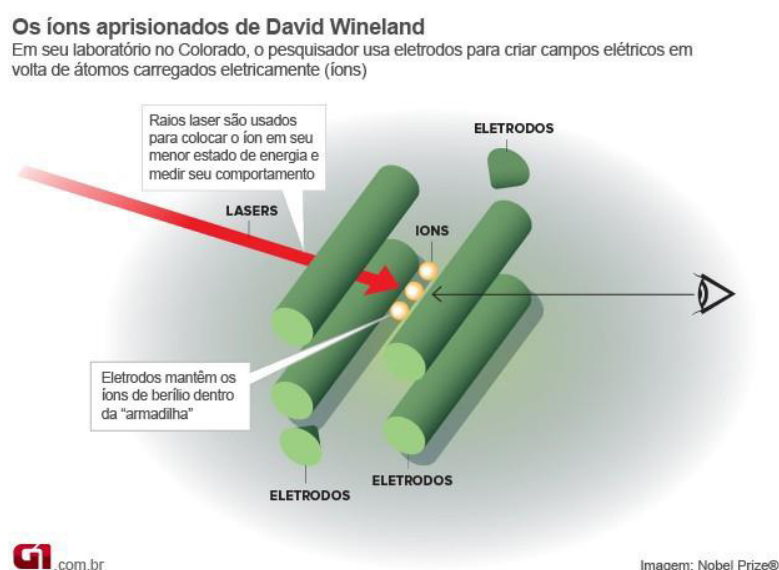
Fonte: FRANCÊS, 2012

O site do College de France informa que a principal área de pesquisa de Haroche são a ótica quântica e as ciências de informação quântica. David Wineland, americano, desenvolve sua pesquisa no Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST) de

Boulder (Colorado), onde entrou em 1975, no antigo Escritório Nacional de Padrões, que depois viria a receber o nome atual NIST (FRANCÊS, 2012).

Esses dois cientistas desenvolvem pesquisa no campo da ótica quântica, tendo como objeto de estudo a interação fundamental entre a luz e a matéria, campo que vem progredindo desde os meados de 1980. Os métodos inovadores dos dois cientistas permitiram os primeiros passos para a construção de um novo computador super-rápido, com base na física quântica. Também contribuiu para a construção de relógios extremamente precisos, que poderiam se tornar a base para um novo padrão de tempo, com uma precisão mais de cem vezes maior que os relógios atuais feitos de céσιο (FRANCÊS, 2012).

Figura 6 - Demonstração gráfica da pesquisa de David Wineland



Fonte: FRANCÊS, 2012

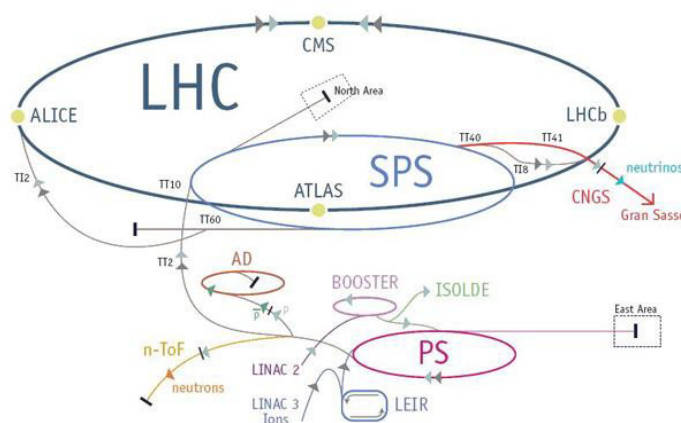
As pesquisas foram desenvolvidas independentes pelos dois cientistas, mas ainda assim seus métodos têm muito em comum. Wineland prendeu átomos eletricamente (íons) carregados em "armadilhas", os controlou e os mediu com a luz (fótons). Haroche elaborou sua pesquisa de forma inversa: controlou e mediu fótons aprisionados por meio do envio de átomos por uma "armadilha" (FRANCÊS, 2012).

Em 2013, a descoberta considerada uma das mais importantes da ciência desde a Teoria da Relatividade, de Albert Einstein, consagrou ao belga François Englert, de

80 anos, e ao britânico Peter Higgs, 84, o Prêmio Nobel. Em trabalhos independentes eles propuseram, em 1964, a teoria que explica a forma pela qual as partículas adquirem massa, por meio da existência do bóson de Higgs. Chamada de “partícula de Deus”, o bóson de Higgs era a peça que faltava para confirmar o Modelo-Padrão da Física (GRANDELLE, 2013).

Os cientistas formularam a teoria nos anos de 1960, sustentam que o universo é composto de 32 elementos fundamentais e o bóson de Higgs era o único desses elementos que fora inferido, mas nunca tinha sido comprovado. O precursor dos estudos sobre esse bóson foi Higgs, o segundo estudo sobre este elemento foi desenvolvido por Englert e Robert Brout, houve ainda um terceiro estudo que foi excluído da premiação, no entanto, a comprovação da existência da partícula só ocorreu em julho de 2012, no Centro Europeu de Pesquisa Nucleares, onde está o Grande Colisor de Hádrons (LHC), talvez o maior e mais complexo equipamento já construído na História (GRANDELLE, 2013).

Figura 7 - Ilustração esquemática do complexo de aceleradores de partículas que compõem o LHC



Fonte: Science, 2010. Disponível em:<

<https://www.google.com.br/search?q=revista+Science+2010+com+imagem+do+acelerador+de+particulas&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa>> Acesso em 28/jun/2017

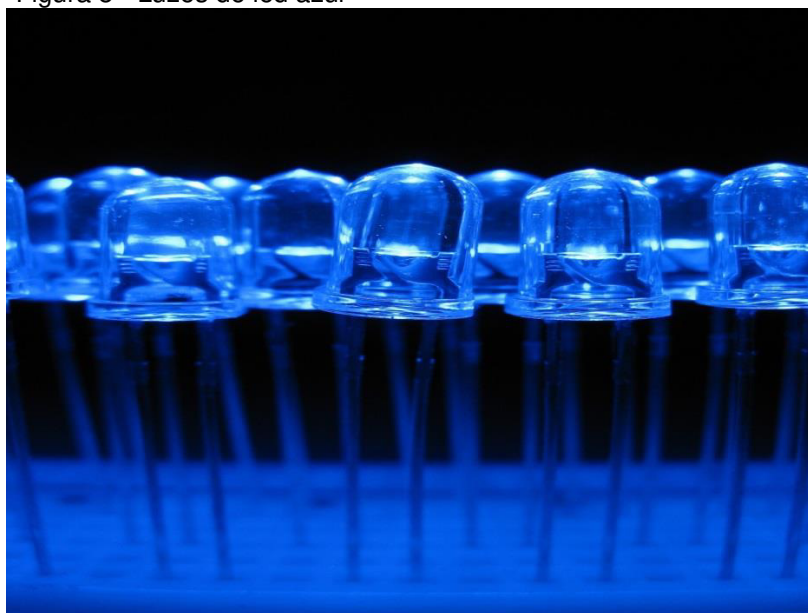
Dois grupos de pesquisa, o CMS (do inglês *Compact Muon Solenoid*) e o Atlas, analisam a colisão de 40 milhões de partículas por segundo em um túnel circular de 27 quilômetros de comprimento, com o próton sendo acelerado a

99,9999991% da velocidade da luz, dando ao próton uma grande quantidade de energia, com o choque dos prótons, o excedente de energia se dissipa na forma de partículas subatômicas, observadas por detectores, entre elas o bóson de Higgs (GRANDELLE, 2013).

Os ganhadores do Nobel de Física de 2014 desenvolveram um trabalho que trouxe um grande avanço tecnológico que remete à luz e suas tecnologias. São eles os japoneses Isamu Akasaki (1929), Hiroshi Amano (1960) e Shuji Nakamura (1954), este último naturalizado americano. Os três inventaram o diodo emissor da luz de LED (

Figura 8), que é mais eficiente em relação a economia de energia e sustentável para com o meio ambiente (NOBEL, 2014).

Figura 8 - Luzes de led azul



Fonte: Nobel, 2014

As luzes de LEDs verdes e vermelhos já existiam desde 1960, mas os três cientistas japoneses, em 1990, desenvolveram os compostos semicondutores que permitiram criar as luzes na versão azul. Com a combinação das três cores fundamentais tornou-se possível produzir a luz branca que veio substituir as lâmpadas incandescentes e as fluorescentes, possibilitando uma economia de energia. Os LEDs são usados ainda em TVs e telas de smartphones (NOBEL, 2014).

Em 2015, foram o japonês Takaaki Kajita e o canadense Arthur McDonald os ganhadores do Nobel de Física, pela descoberta da oscilação dos neutrinos e

demonstração de que essas partículas têm massa. Para a Academia de Ciências da Suécia, a descoberta “mudou nossa compreensão do funcionamento mais profundo da matéria e pode ser crucial para nossa visão do universo” (NOBEL, 2015).

O primeiro cientista a propor a existência do neutrino foi Wolfgang Pauli, em 1930, não somente para explicar a distribuição de energia dos elétrons e pósitrons no decaimento Beta, mas também para evitar que a lei da conservação fosse violada. Os neutrinos interagem fracamente com a matéria e são as partículas mais abundantes no universo, com bilhões delas atravessando a cada segundo todos os corpos do universo, inclusive do homem, sem deixar vestígios. Essa partícula foi observada em laboratório em 1953, por F. Reines de C. L. Cowan, entre as partículas geradas por um reator nuclear de alta potência (CAVALCANTE, 2015).

Neutrinos são pequenas coisas neutras que estão por todo o lado, viajam no espaço a uma velocidade muito próxima da velocidade da luz. Sua fraca interação com a matéria faz com que seja quase impossível detectá-los, escapam do núcleo do Sol ou da Via Láctea e viajam desde galáxias distantes sem serem absorvidos transportando consigo informações sobre sua origem. Os neutrinos despertam o interesse dos físicos de partículas e também aos geofísicos (CEBRIÁN, 2012).

A hipótese da oscilação, ou seja, da mudança de sabor, que leva um neutrino a se transformar em outro foi a resposta que os cientistas encontraram para uma grave anomalia que se tornou conhecida como o desenvolvimento dos processos experimentais, anomalia que foi descoberta no final da década de 1960, em um experimento na mina de Homestake, nos Estados Unidos. O experimento tinha como objetivo detectar e contar os neutrinos do elétron provenientes do Sol que chegavam ao local, mas constatou-se que o número de neutrinos era apenas um terço do que era esperado. Logo, presumiram que acontecia uma mudança de sabor, fenômeno que não era conhecido na época. Os neutrinos existem desde o início do universo, mas eram ignorados. Aos poucos essas partículas e suas propriedades foram sendo descobertas (ENTENDA, 2015).

Em 2016, a Academia entregou o Nobel de Física a três cientistas em situação de igualdade que são: David J. Thouless, de um lado e de outro F. Duncan M. Haldane e J. Michel Kosterlitz, que revelaram os “segredos exóticos da matéria”, ou seja, os cientistas mereceram o prêmio “pelas suas descobertas teóricas das transições de fase topológica e fases topológicas da matéria”, que acontecem

quando a matéria muda de fase, como por exemplo, quando o gelo se derrete e se transforma em água (PRÊMIO, 2016).

Esse estudo investiga o comportamento da matéria em escalas microscópicas, onde não são aplicadas as regras do mundo do qual já se tem conhecimento e onde reinam as normas quânticas. As pesquisas nessa área começaram em 1972 e suas teorias permitem entender o funcionamento de alguns tipos de ímãs e de fluídos supercondutores e superfluídos, permitem também conhecer o funcionamento quântico de sistemas unidimensionais a temperaturas muito baixas. Estas teorias foram confirmadas por experimentos e podem ter aplicação na ciência dos materiais e na eletrônica do futuro (PRÊMIO, 2016).

A descoberta dos cientistas sustenta que em temperaturas mais altas, elétrons combinados a núcleos atômicos se desprendem do gás, vindo a criar o quarto estado de matéria, o plasma. Com este trabalho, os cientistas mostraram que a ciência já pode começar a busca por fases de matérias ainda inéditas (CONHEÇA, 2016).

5 O ENSINO DE FÍSICA

Como pode ser visto nas seções anteriores, a busca pela compreensão dos fenômenos físicos estimula o desenvolvimento e descoberta de novas tecnologias que proporcionam conforto e bem estar à sociedade. Entretanto, na escola, quando se está a aprender Física, a ideia inicial é de que nem tudo que se estuda tem uma utilidade prática.

Entre os profissionais da educação existe um consenso que as dificuldades para o aprendizado da Física começa a partir do Ensino Fundamental, período em que a disciplina é proposta com o nome de Ciência, nomenclatura em que se incluem outras disciplinas como, por exemplo, Biologia e Química. Nesse caso, o professor nem sempre tem um conhecimento amplo e profundo da matéria a ser ensinada. Diante desse contexto, estudiosos propõem nove necessidades formativas a serem adotadas pelos professores de ciências, entre as quais se destacam duas: “Conhecer a matéria a ser ensinada” e “saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva”. Trabalhos investigativos mostram a profunda carência de conhecimento da matéria a ser ensinada, transformando “o professor em um transmissor mecânico dos conteúdos do livro texto” (PAGANOTTI; DICKMAN, 2011).

De acordo com esses autores, geralmente os professores de ciências não se preocupam em relacionar os conhecimentos científicos adquiridos na escola com o mundo real dos alunos. Assim, percebe-se a necessidade de um planejamento das atividades escolares de forma a possibilitar aos alunos relacionar os conceitos físicos estudados e os processos tecnológicos (aplicações), o que pode ser concretizado com a prática da experimentação como atividade complementar para a construção do saber (PAGANOTTI; DICKMAN, 2011). Para que isso se torne possível é preciso investigar se o planejamento das atividades escolares em Física obedece ao que é proposto por Pereira e Maia (1999), segundo os quais nos Parâmetros Curriculares, as competências e habilidades a serem desenvolvidas em Física são:

- Representação e comunicação
 - Compreender enunciados que envolvam códigos e símbolos físicos.
 - Compreender manuais de instalação e utilização de aparelhos.

- Utilizar e compreender tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas para a expressão do saber físico. Ser capaz de discriminar e traduzir as linguagens matemática e discursiva entre si.
- Expressar-se corretamente utilizando a linguagem física adequada e elementos de sua representação simbólica. Apresentar de forma clara e objetiva o conhecimento apreendido, através de tal linguagem.
- Conhecer fontes de informações e formas de obter informações relevantes, sabendo interpretar notícias científicas.
- Elaborar sínteses ou esquemas estruturados dos temas físicos trabalhados.
- Investigação e compreensão
 - Desenvolver a capacidade de investigação física. Classificar, organizar, sistematizar.
 - Identificar regularidades. Observar, estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar.
 - Conhecer e utilizar conceitos físicos. Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes. Compreender e utilizar leis e teorias físicas.
 - Compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o “como funciona” de aparelhos.
 - Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões.
 - Articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber científico.
- Contextualização sócio-cultural
 - Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico.
 - Reconhecer o papel da Física no sistema produtivo, compreendendo a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico.
 - Dimensionar a capacidade crescente do homem propiciada pela tecnologia.
 - Estabelecer relações entre o conhecimento físico e outras formas de expressão da cultura humana.
 - Ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes (PEREIRA; MAIA, 1999, p.29).

Enquanto que no Ensino Fundamental a Física se insere em Ciências, no Ensino Médio seu ensino objetiva contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva, que possibilite ao aluno a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do homem com a natureza, como se fizesse parte da própria natureza em transformação. No entanto, isso somente será possível se o conhecimento sobre Física for ensinado como um processo histórico, objeto de seguidas transformações e vinculada às outras formas de expressão e produção humana (PEREIRA; MAIA, 1999).

Apesar dessas orientações, na prática ocorre diferente, com um ensino totalmente desarticulado da disciplina com o mundo, conforme afirmam Pereira e Maia (1999, p.22):

O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. Insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas. Apresenta o conhecimento como um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como a de Galileu, Newton ou Einstein, contribuindo para que os alunos concluam que não resta mais nenhum problema significativo a resolver. Além disso, envolve uma lista de conteúdos demasiadamente extensa, que impede o aprofundamento necessário e a instauração de um diálogo construtivo.

Esse quadro não reflete apenas o despreparo dos professores nem as limitações decorrentes das condições escolares deficientes. Ele reflete também a deformação estrutural que gradualmente foi sendo absorvida pelos participantes do sistema escolar e que passou a ser considerada como natural. Explica-se: em um passado remoto, que o Ensino Médio alcançava seus objetivos e correspondiam às exigências da época, porque era propedêutico. Priorizava-se o desenvolvimento do raciocínio de forma isolada, colocando a compreensão mais ampla da disciplina para outros níveis de ensino (PEREIRA; MAIA, 1999).

Essa constatação de um ensino descontextualizado não é recente, há muito se discute o ensino da Física sem o conhecimento da realidade que cerca o homem, pois o exercício da cidadania requer o conhecimento das formas contemporâneas de linguagem e domínio dos princípios científicos e tecnológicos que atuam na produção moderna. No ensino médio, os conteúdos curriculares correspondem à mecânica, termodinâmica e eletromagnetismo. Estão ausentes teoria da relatividade, teoria quântica, teoria atômica, física da matéria condensada, física nuclear e física das partículas elementares. O que induz-nos a pensar que os conteúdos devem ser ajustados para que seja implementada a Física Moderna e Contemporânea durante o terceiro ano do Ensino Médio (COSTA, 2004).

6 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

O percurso histórico da humanidade vem sendo construído por períodos de tempo com denominações relacionadas à distância do tempo atual para o mais remoto. São várias classificações definidas com bases em fatos da época. Nos estudos atuais se fazem referências aos períodos remotos. No entanto, o recorte temporal mais frequente nos estudos começa da Antiguidade, passando pela Idade Média, Idade Moderna e pós Modernidade, se atribuindo a cada um deles um acontecimento como marco temporal.

No desenvolvimento deste trabalho sobre a Ciência Física, podemos perceber que se torna difícil estabelecer um marco ou desvincular uma teoria científica proposta em determinada época para as que a sucederam. O que se percebeu foi que a sede de conhecimento do homem, seus questionamentos sobre os fenômenos naturais vem desde os tempos mais remotos.

As explicações dos fenômenos como manifestações divinas na Antiguidade já não mais satisfaziam e assim, a busca pelo conhecimento permanece até que paradigmas são contrariados por novas descobertas, mais ainda quando o homem começa a adotar métodos de pesquisa. Esta começou de uma forma generalizada, mas no decorrer do tempo foi se percebendo a necessidade de se definir um objeto de estudo e o método que a ele se adequasse.

Vista inicialmente como uma ciência natural, a Física se define e mesmo reconhecendo sua existência remota, foi no período do Renascimento que surgiram as grandes teorias que impulsionaram o seu desenvolvimento, ora contrariando uma teoria anterior, ora ampliando e confirmando proposições, levando-a a uma fase de avanço que sai da Física Clássica para a Física Moderna e dentro desta com especializações nos mais diversos campos que resultam em invenções para o bem estar da humanidade e muitas outras aplicações tecnológicas, evidenciadas nas discussões sobre prêmio Nobel de Física.

Se contrapondo aos avanços científicos, a maneira como a Física vem sendo ensinada nas salas de aula do Ensino Médio, de forma descontextualizada e sem incluir nos currículos a Teoria de Einstein e a Física Quântica, elucida a problemática de um sistema que persiste sem que os responsáveis pela educação planejem mudanças e implementem atualizações.

Com este trabalho podemos também constatar a importância de ensinar a Física contando sua história, sua experimentação, mostrando também como ela está presente em nosso cotidiano.

REFERÊNCIAS

AGUILERA, Valdir. **Como tudo começou**. 2008. Disponível em<<http://www.valdiraguilera.net/conceitos-fisica-moderna-0.html>> Acesso em 12/mai/2017.

AYDAR, Catarina Pasta et al. **Contexto de criação das teorias da relatividade**. 2014. Disponível em:< > Acesso em 12/fev/2017.

ANJOS, Talita. **Física Moderna**. 2015. Disponível em<<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/fisica-moderna.htm>> Acesso em 12/mai/2017.

ALMEIDA, Aires. **Filosofia e ciências da natureza: alguns elementos históricos**. 2004. Disponível em:< http://criticanarede.com/filos_fileciencia.html>. Acesso em 24/02/2017.

ALMEIDA, Rita M. C. de. **A Ciência da complexidade**. 2005.

A IMPORTÂNCIA da Física Médica. 2015. Disponível em:< portal.if.usp.br/imprensa/pt-br/node/1117> Acesso em 12/abr/2017.

A MAGNETORRESISTÊNCIA Gigante. 2008. Disponível em:< <http://www.seara.ufc.br/tintim/tecnologia/mrg/mrg02.htm>> Acesso em 24/mai/2017.

Chauí, Marilena. **“Convite à Filosofia”**. São Paulo: Ática, 2000, p. 320-321.

ARAGÃO, M.J. **História da Física**. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

CAVALCANTE, Kleber G. **"O Neutrino"**; *Brasil Escola*. 2015. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/o-neutrino.htm>>. Acesso em 13 de julho de 2017.

CEBRIÁN, Susana. **Neutrinos: uma introdução**. 2012. Disponível em:<www.scienceinschool.org/pt/2011/issue19/neutrinos> Acesso em 12/jun/2017.

CIDADE, Lúcia Cony Faria. **Visões de mundo, visões da natureza e a formação de paradigmas geográficos**. 2001. Disponível em:< www.geografia.ufba.br/.../Visões%20de%20mundo%20Visões%20de%20Natureza.pd...> acesso em 12/abr/2017.

CIÊNCIA grega. 2010. Disponível em:< <http://verisfaculdadeshistoriadasciencias.blogspot.com.br/2010/03/ciencia-grega.html>> Acesso em 12/dez/2016.

CONHEÇA os vencedores do Nobel de Física de 2016. 2016. Disponível em:< <http://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2016/10/conheca-os-vencedores-do-nobel-de-fisica-de-2016.html>> Acesso em 12/mai/2017.

COHEN, I. Bernard. **O Nascimento de uma nova física**. De Copérnico a Newton. EDART- São Paulo, 1967,

CHIBENI, Silvio Seno. **O surgimento da física quântica**. (s.d.). Disponível em:< www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/fisquantica.pdf> Acesso em 24/jan/2017.

COSTA, Frederico. **Relações entre ciência e magia no nascimento da ciência moderna**. 2011. Disponível em:< bdm.unb.br/bitstream/10483/2020/1/2011_FredericoCosta.pdf> Acesso em 24/nov/2016.

COSTA, André Gustavo Cruz da. **Como ensinar física moderna no ensino médio: discussões e sugestões**. 2004. Disponível em:< www.infis.ufu.br/infis.../ANDRE%20GUSTAVO%20CRUZ%20DA%20COSTA.pdf>. Acesso em 29/nov/2016.

ENTENDA a massa dos neutrinos que rendeu o Nobel de Física. 2015. Disponível em:< <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=massa-dos-neutrinos#.WWgBnoTyvIU>> Acesso em 20/mai/2017.

FÍSICA Moderna. 2015. Disponível em<<http://www.fisica.net/fisica-moderna/>> Acesso em: 24/mai/2017.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Estrutura do átomo**. 2017. Disponível em:< <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/estrutura-atomo.htm>> Acesso em 22/jun/2017.

FRANCÊS e americano ganham Nobel de Física de 2012. Eles desenvolveram 'métodos de manipulação de sistemas quânticos'. 2012. Disponível em:< <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2012/10/frances-e-americano-ganham-nobel-de-fisica-de-2012.html>. Acesso em 12/mai/2017.

FREIRE JR, Olival. Novo tempo, novo espaço, novo espaço-tempo: breve história da relatividade. In: ROCHA, José Fernando.(Org). **Origens e evolução das ideias da Física**. 2.ed. Salvador: Edufba, 2015.

GRANDELLE, Renato. **Nobel de Física de 2013 premia descoberta da 'partícula de Deus'**. 2013. Disponível em:< <https://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/nobel-de-fisica-de-2013-premia-descoberta-da-particula-de-deus-10290068#ixzz4mkHJGVZa>> Acesso em 12/mai/2017.

HISTÓRIA e epistemologia da Física. 2012. Disponível em:< http://www.fisica.net/historia/historia_da_fisica_resumo.php> Acesso em 12/dez/2016.

HISTÓRIA da Física . 2016. Disponível

em:<https://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria_da_f%C3%ADsica> Acesso em 20/abr/2017.

INSTITUTO de Física de São Carlos /USP

Quais são as principais áreas de conhecimento da física? 2017. Disponível em:<<http://cursos.ifsc.usp.br/index.php/bacharelado-em-fisica/saiba-mais/24-quais-sao-as-principais-areas-de-conhecimento-da-fisica>> Acesso em 02/mai/2017.

LIMA, Sandro. **Galileu Galilei e o nascimento da Ciência Moderna**. Para que estudar o nascimento da ciência moderna? 2010. Disponível em:<<https://www.if.ufrgs.br/tex/edu02220/sem012/po5/texto535.html>> **Acesso em: 12/dez/2016.**

MARQUES, Gil da Costa; BECHARA, Maria José. **Galileu e o nascimento da ciência moderna**. 2007. Disponível em:<<http://efisica.if.usp.br/mecanica/curioso/historia/galileu/>> Acesso em 24/jan/2017.

MENEGASSO, Paulo; SERIDONIO, Antonio; SOUZA, Mariano de. **A Teoria da Relatividade**. 100 anos de uma nova maneira de ver o universo. 2015. Disponível em:<http://www.rc.unesp.br/mariano/documents/CH332_Artigo%20Relatividade%201_Prova%203.pdf> Acesso em 12/abr/2017.

NOBEL de Física 2014 vai para cientistas que criaram a iluminação com LEDs. 2014. Disponível em:<revistagalileu.globo.com/.../2014/.../nobel-de-fisica-2014-vai-para-cientistas-que-criar...> Acesso em 12/mai/2017.

NOBEL de Física para a explicação sobre neutrinos, a partícula fantasma. Takaaki Kajita e Arthur McDonald recebem Nobel de Física pela descoberta da oscilação dessas partículas. 2015. Disponível em:<https://brasil.elpais.com/brasil/2015/10/06/ciencia/1444125814_641821.html> Acesso em 12/mai/2017.

PAGANOTTI, Arilson; DICKMAN, Adriana Gomes. **Caracterizando o professor de ciências: quem ensina tópicos de física no ensino fundamental?** 2011. Disponível em:<www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0793-2.pdf> Acesso em 12/mai/2017.

PEREIRA, Avelino Romero Simões; MAIA, Eny Marisa. **Parâmetros Curriculares (Ensino Médio)**. 1999. Disponível em:<portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf> Acesso em 24/mai/2017.

PETRIN, Natália. **Física moderna**. O início de tudo A física clássica teve suas bases estabelecidas por Isaac Newton e Galileu Galilei, que demonstraram que a lógica e as... 2014. Disponível em:<<http://arigora.blogspot.com.br/2012/03/historia-da-fisica-moderna.html>> Acesso em 22/fev/2017.

PRÊMIO Nobel de Física 2016 para estudos sobre a matéria no mundo quântico. 2016. Disponível em:<
https://brasil.elpais.com/brasil/2016/10/04/ciencia/1475571025_244159.html>
Acesso em 12/mai/2017.

ROSSONI, Sirlei. **A história da ciência e do conhecimento**: algumas (in) certezas. 2005. Disponível em:< revistas.fw.uri.br/index.php/revistadech/article/view/228>
Acesso em 12/abr/2017.>

RENASCIMENTO científico. 2016. Disponível em:<<https://www.todamateria.com.br/renascimento-cientifico/>>Acesso em 22/abr/2017.

RIBEIRO FILHO, Aurino. Os quanta e a Física Moderna. In: ROCHA, José Fernando. (Org). **Origens e evolução das ideias da Física**. 2.ed. Salvador: Edufba, 2015.

RIBEIRO FILHO, Aurino. O Prêmio Nobel e a Física. In: ROCHA, José Fernando. (Org). **Origens e evolução das ideias da Física**. 2.ed. Salvador: Edufba, 2015.

SANTOS, Jandir Silva dos. **O divino e a natureza**. A novidade de Platão. 2007. Disponível em:< www.uesb.br/.../O%20Divino%20e%20a%20Natureza%20-%20A%20Novidade%20d... > Acesso em 22/dez/2016.

SANTOS, Lucia Eugênia dos; NASCIMENTO, Vanessa. **Ciência e tecnologia na Idade Média**. 2007. Disponível em:<
linux.alfamaweb.com.br/sgw/downloads/142_024219_CienciaeTecnologia.pdf >
Acesso em 20/mai/2017.

SILVEIRA, Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto; BAZZO, Walter Antonio. **Ciência e tecnologia**. Transformando a relação do ser humano com o mundo. 2005. Disponível em:< www.uel.br/grupo-estudo/processoscivilizadores/portugues/sitesanais/.../art19.pdf > Acesso em 12/fev/2017.