



## UMA ABORDAGEM SOBRE FÍSICA DAS PARTÍCULAS PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

**HUDSON BATISTA DA SILVA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Polo 4 IFAM/UFAM no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador (es):

**Prof. Dr. Igor Tavares Padilha**  
**Prof.<sup>a</sup> Dra. Débora Coimbra**

**Manaus-AM**  
**Agosto de 2016**

---

S586a Silva, Hudson Batista da.

Uma abordagem sobre física das partículas para alunos do ensino médio.  
/ Hudson Batista da Silva. – 2016.  
124 p.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) –  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas,  
*Campus* Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2016.  
Orientador: Prof. Dr. Igor Tavares Padilha.  
Coorientadora: Profa. Dra. Débora Coimbra

1. Ensino de física. 2. Física das partículas. 3. Modelo padrão. I.  
Padilha, Igor Tavares. (Orient.) II. Coimbra, Débora. (Coorient.) III.  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas IV.  
Universidade Federal do Amazonas. V. Título.

CDD 530.07

---

Elaborado por Márcia Auzier - CRB 11/597

# UMA ABORDAGEM SOBRE FÍSICA DAS PARTÍCULAS PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

HUDSON BATISTA DA SILVA

Orientador (es):

Prof. Dr. Igor Tavares Padilha  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Débora Coimbra

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação Polo 4 IFAM/UFAM no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada por:

---

Dr. Igor Padilha Tavares

---

Dra. Debora Coimbra

---

Dr. Octávio Daniel Rodrigues Salmon

---

Dr. Leandro Londero da Silva

Manaus-AM  
Agosto de 2016

## **Agradecimentos**

A Deus, pelas oportunidades concedidas até hoje e ser meu refúgio nas horas difíceis.

Aos professores Igor Tavares Padilha e Débora Coimbra pela dedicação, apoio, incentivo e por sempre acreditarem em mim durante toda a orientação.

À minha mãe, pela educação que me proporcionou e em especial a memória de meu pai que sempre me encorajou a seguir em frente.

À minha esposa, Anessa Ribeiro, e ao meu filho, Marcos Wendell, pela paciência, incentivo e apoio nos momentos difíceis dessa caminhada.

À direção e aos colegas da escola Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação tecnológica – FUCAPI, pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Aos alunos que participaram deste trabalho, pelos momentos agradáveis e pela dedicação ao longo do desenvolvimento da proposta.

Aos meus colegas do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, especialmente Reginaldo, Erickson e Fabricio, companheiros com os quais compartilhei angústias, alegrias e aprendizados.

À CAPES, pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

“A mente que se abre a uma nova  
ideia jamais voltará ao seu tamanho original”.

**Albert Einstein**

## **Siglas**

**CERN** – "*Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*", Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear

**EM** – Ensino Médio

**FP** – Física de Partículas

**FUCAPI** – Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica

**IFAM** – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas

**LHC** – Grande Colisor de Hádrons

**PNLD** – Programa Nacional do Livro Didático

**PCN** – Parâmetros Curriculares Nacionais

**UFAM** – Universidade Federal do Amazonas

**ZDP** – Zona de Desenvolvimento Proximal

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01:</b> Capa do livro “Alice no País do Quantum”.....	p.17
<b>Figura 02:</b> Capa do livro “O Discreto Charme das Partículas Elementares”.....	p.18
<b>Figura 03:</b> Capa do livro “Por dentro do átomo – Física de partículas para leigos”..	p.19
<b>Figura 04:</b> Capa do livro “A História do Átomo de Demócrito aos Quarks”.....	p.20
<b>Figura 05:</b> Capa do livro “O que são quarks, glúons, bósons de Higgs, buracos negros e outras coisas estranhas?”.....	p.20
<b>Figura 06:</b> Capa do livro “O cerne da Matéria”.....	p.21
<b>Figura 07:</b> Capa do livro “Fundamentos da Física de Nêutrons”.....	p.22
<b>Figura 08:</b> Capa do livro “Nós, professores brasileiros de Física do Ensino Médio, estivemos no CERN”.....	p.23
<b>Figura 09:</b> Capa do livro “Descobrimo o núcleo atômico”.....	p.24
<b>Figura 10:</b> Capa do livro “O mundo das partículas de hoje e de ontem”.....	p.25
<b>Figura 11:</b> Capa do livro “Do átomo grego à Física das Interações Fundamentais...p.26	
<b>Figura 12:</b> Capa do livro “Fundamentos da Física de Nêutrons”.....	p.22
<b>Figura 13:</b> Alunos participantes do projeto.....	p.40
<b>Figura 14:</b> Estudantes efetuando da Atividade 01.....	p. 42
<b>Figura 15:</b> Realização da Atividade 03.....	p. 43
<b>Figura 16:</b> Atividade 06.....	p. 44
<b>Figura 17:</b> Apresentação do Grupo 1.....	p. 52
<b>Figura 18:</b> Apresentação do Grupo 1.....	p. 52
<b>Figura 19:</b> Apresentação do Grupo 2.....	p. 53
<b>Figura 20:</b> Apresentação do grupo 2.....	p. 53
<b>Figura 21:</b> Apresentação do Grupo 3.....	p. 54
<b>Figura 22:</b> Apresentação do Grupo 3.....	p. 54
<b>Figura 23:</b> Apresentação do Grupo 4.....	p. 55
<b>Figura 24:</b> Apresentação do Grupo 4.....	p. 55
<b>Figura 25:</b> Apresentação do Grupo 4.....	p. 56
<b>Figura 26:</b> Apresentação do Grupo 5.....	p. 56
<b>Figura 27:</b> Apresentação do Grupo 5.....	p. 57
<b>Figura 28-</b> Apresentação do Grupo 6.....	p. 57
<b>Figura 29:</b> Apresentação do grupo 6.....	p. 58
<b>Figura 30:</b> Apresentação de Slides utilizada.....	p. 59
<b>Figura 31:</b> Apresentação de Slides utilizada.....	p. 62
<b>Figura 32:</b> Apresentação de Slides utilizada.....	p. 63
<b>Figura 33:</b> Dois pôsteres produzidos pelos alunos.....	p. 64

## RESUMO

### UMA ABORDAGEM SOBRE FÍSICA DAS PARTÍCULAS PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

HUDSON BATISTA DA SILVA

Orientadores:

Prof. Dr. Igor Tavares Padilha

Prof.<sup>a</sup> Dra. Débora Coimbra

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação Polo 4 IFAM/UFAM no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

O presente trabalho é motivado por reflexões sobre a introdução da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM), uma vez que o ensino de física nesse nível de ensino não tem subsidiado adequadamente discussões sobre os avanços tecnológicos ocorridos nas duas últimas décadas, em discordância às recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Nesse sentido, acreditamos que a falta de inserção de temas mais atuais no ensino de Física tem provocado um afastamento do aluno da compreensão do mundo que ele vive. Os estudantes ouvem falar em temas como buracos negros e Big Bang na televisão, internet ou em filmes de ficção científica, mas raramente nas aulas de Física. O relato dissertativo explicitará ainda elementos da teoria de Vygotsky, uma vez que nosso trabalho propõe que o professor seja o mediador do processo de ensino-aprendizagem e o aluno um sujeito interativo e ativo em sua construção de conhecimento. As atividades aqui propostas subsidiam a abordagem do Modelo Padrão como teoria que identifica as partículas elementares e suas interações.

**Palavras-chave:** Física Moderna e Contemporânea, Ensino Médio, Física das Partículas, teoria de Vygotsky, Modelo Padrão.

Manaus-AM

Agosto de 2016

## ABSTRACT

### ONE APPROACH OF PARTICLE PHYSICS FOR STUDENTS FROM HIGH SCHOOL

HUDSON BATISTA DA SILVA

Supervisors:

Prof. Dr. Igor Tavares Padilha

Prof.<sup>a</sup> Dra. Débora Coimbra

Abstract of master's thesis Submitted to the Graduate Program Polo 4 IFAM / UFAM in the Course of Professional Master of Physical Education (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Master in Physics Teaching.

This work is motivated by reflections on the introduction of Modern and Contemporary Physics in high school, because the physics teaching in this educational level has not adequately subsidized discussions about the technological advancements in the last two decades, against the recommendations of the National Curriculum Guidelines for Secondary Education. In this way, we believe that the lack of inclusion of more current issues in the teaching of Physics has caused a departure from the student to understand the world they live in. This world surrounded by technology and information, students hear about on topics such as black holes and the Big Bang on television, internet or in science fiction movies, but rarely in Physics class. The dissertative report still make explicit elements of the theory of Vygotsky, since our work suggests that the teacher is the element that will foster the process of teaching and learning and students an interactive and active subject in their knowledge-building process. The activities proposed here will inform we conduct the Standard Model as a theory that identifies the elementary particles and their interactions.

Keywords: Modern and Contemporary Physics, High School, particle physics, Vygotsky's theory, the Standard Model.

Manaus – AM

August, 2016

## Sumário

Capítulo 1 – Introdução.....	p. 11
Capítulo 2 – Revisão de Literatura.....	p. 15
2.1 – Artigos e Publicações.....	p. 15
2.2 – Literatura aplicada.....	p. 17
Capítulo 3 – Fundamentação Teórica.....	p. 20
3.1 – Interacionismo: Vygotsky.....	p. 20
3.2 – Um breve histórico sobre Física de Partículas.....	p. 26
3.2.1 – Teoria Atomista.....	p. 27
3.2.2 – Modelo Atômico de Dalton.....	p. 27
3.2.3 – Modelo Atômico de Thomson.....	p. 28
3.2.4 – Modelo Atômico de Rutherford.....	p. 29
3.2.5 – Modelo de Bohr.....	p. 29
3.2.6 – Partículas Elementares.....	p. 30
3.2.7 – Tipos de Interações.....	p. 31
3.2.8 – Últimos Avanços no Entendimento das Partículas Elementares.....	p. 32
Capítulo 4 – Metodologia.....	p. 34
4.1 – Tipo de Pesquisa.....	p. 34
4.2 – Local e Participantes.....	p. 34
4.3 – Delineamento das Atividades.....	p. 35
Capítulo 5 – Discussão dos Resultados.....	p. 42
5.1 – Resultados do Questionário realizado no Encontro 01.....	p. 42
5.2 – Apresentações dos Estudantes relativas às Atividade 04 e 05.....	p. 46
5.3 – Discussão da atividade posterior à exibição do filme “O discreto charme das partículas elementares” – Atividade 08.....	p. 53
5.4 – Discussão da atividade “Construção do Modelo Padrão”.....	p. 58
Considerações Finais.....	p. 60
Referências.....	p. 63
Apêndices e Anexos.....	p. 64

# Capítulo 1

## Introdução

Este estudo focaliza, especificamente, a Física das Partículas (FP). Alguns fatores influenciaram essa escolha como tema gerador na construção da sequência didática proposta. Como, por exemplo, a participação na Escola de Física CERN (Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear), e, por esta organização possuir um programa de suporte, muito interessante, para ser utilizado em sala de aula com alunos do Ensino Médio (EM).

Outro aspecto é que seria desejável que o ensino da FP estivesse vinculado a questões e aos conceitos mais básicos da Física, o que nos permite fazer uma transição entre a Física Clássica e a Física Moderna, numa perspectiva histórica e epistemológica.

Podemos destacar a atualidade do tema: em julho de 2012, os pesquisadores do CERN anunciaram que haviam identificado uma partícula consistente com o Modelo Padrão do Bóson de Higgs; após a realização de uma série de experimentos no Grande Colisor de Hádrons (LHC), em Genebra, na Suíça, a descoberta foi confirmada em março de 2013 e os cientistas Peter W. Higgs e François Englert foram laureados com o Prêmio Nobel de Física daquele ano, com ampla cobertura da mídia e, ainda, no dia 06 de outubro de 2015, o japonês Takaaki Kajita e o canadense Arthur McDonald receberam o Prêmio Nobel de Física pela descoberta da oscilação dos neutrinos, o que demonstra que essas partículas têm massa.

Nessa perspectiva, acreditamos na importância de inserir no EM temas mais atuais no ensino de Física, por observar que os alunos têm acesso a esses temas, na maioria das vezes pela internet e raramente em sala de aula. Nesse intuito, propomos uma sequência didática, visando possibilitar ao professor trabalhar com seus alunos o tema FP de forma interativa, subsidiada pela teoria de Vygotsky. O produto dessa dissertação, disponível no Apêndice 1, intitulado “Da Laranja ao Universo das Partículas”, foi, desta forma concebido, elucidando atividades centradas no enfoque histórico-cultural e numa perspectiva dialógica.

A cada ano, o aluno vem perdendo o interesse pelas aulas de Física, essas em sua maioria com muitas características descricionistas e transmissivas, sem motivação para um aluno cada vez mais cercado pela tecnologia. Outra observação importante é o fato de que, apesar da relevância do seu ensino ser defendida no meio acadêmico e na

literatura específica, desde a década de 1990, a FMC é uma realidade muito distante das salas de aula, por vários motivos, desde desconhecimento teórico por parte dos professores até problemas conjunturais. Verifica-se, portanto, a necessidade de mudança desta realidade, para isso é necessário uma percepção de que, mais do que a inserção de conteúdos, a adoção de formas alternativas de ensino é imprescindível.

É importante, ainda, destacar que a FMC é colocada como critério eliminatório para a escolha do livro didático da componente curricular Física. No âmbito do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2015, a equipe deve analisar se o livro:

Tratou de forma adequada e pertinente, considerando os diversos estudos presentes na literatura atual da área, tópicos usualmente classificados como de Física Moderna e Contemporânea e que sejam considerados importantes ou mesmo imprescindíveis para o exercício da cidadania ativa, crítica e transformadora, bem como para a inserção ativa, crítica e transformadora no mundo do trabalho.<sup>1</sup>

Dessa forma, o PNLD tenta suprir na indicação de livros-texto, uma carência de contextos mais atuais para o ensino de Física, tentando minimizar as omissões constantes nesses livros, das realizações da Física no século XX.

Em particular, na pesquisa em Ensino de Física tem-se defendido a inserção da FMC no EM, uma vez que seus temas geradores motivam a contextualização e a interdisciplinaridade, de modo que esses possam suscitar o desenvolvimento de competências e habilidades específicas, capacitando o estudante a atuar e viver em um mundo tecnológico, complexo e em permanente transformação.

Ostermann e Moreira (2000) concluíram, num estudo sobre a introdução de dois tópicos de FMC (partículas elementares e supercondutividade) realizados com alunos da graduação em Física, nas aulas dessa disciplina em escolas públicas e particulares, que:

[...] É viável ensinar FMC no EM, tanto do ponto de vista do ensino de atitudes quanto de conceitos. É um engano dizer que os alunos não têm capacidade para aprender tópicos atuais. A questão é como abordar tais tópicos [...]. Se houve dificuldades de aprendizagem não foram muito diferentes das usualmente enfrentadas com conteúdos da física clássica [...]. Os alunos podem aprendê-la se os professores estiverem adequadamente preparados e se bons materiais didáticos estiverem disponíveis.<sup>2</sup>

Assim, a proposta aqui apresentada visa disponibilizar um material didático adequado para a inserção de um tópico da FMC, como mencionado anteriormente, na

---

<sup>1</sup> BRASIL. Guia de livros didáticos : PNLD 2015 : física : ensino médio. – Brasília : Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2014. p. 17.

<sup>2</sup> OSTERMANN F. E M.A. MOREIRA. Anais do VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Florianópolis, 2000. p. 11

perspectiva de promover uma formação mais atual e contextualizada com o estudo das partículas elementares e interações fundamentais. Além disso, trata-se de um tema que possibilita o contato com uma Física em permanente construção nos dias atuais, com constante veiculação de matérias nos meios de comunicação sobre o CERN e a física de altas energias.

Simultaneamente, com essa proposta, ressalta-se que o PCN+ salienta que é importante apresentar ao estudante a Física como uma ciência viva, que foi desenvolvida ao longo da história da humanidade, impregnada de contribuições culturais, sociais e econômicas.

Este trabalho está estruturado em 5 capítulos, além das considerações finais, referências, apêndice e anexos. Neste capítulo, apresentamos um panorama geral da nossa pesquisa, destacando os elementos motivadores, justificamos seu propósito e apresentamos seus objetivos.

No segundo capítulo, apresenta-se uma revisão de literatura pertinente à linha de trabalho de nossa pesquisa. Que foi organizada em dois momentos, primeiramente, de forma cronológica do mais antigo ao mais atual, são citadas pesquisas e publicações em anais de congressos, reuniões e simpósios. No segundo momento, analisamos alguns paradidáticos que, de forma lúdica, contribuem para um aprofundamento do tema aqui proposto.

No terceiro capítulo, apresenta-se a fundamentação teórica pela qual nossa pesquisa está embasada, alguns aspectos da teoria sócio interacionista de Vygotsky, o modelo de Engeström e um breve histórico sobre Física das Partículas.

No quarto capítulo, apresenta-se a metodologia de pesquisa que foi utilizada neste trabalho, relatando, especificamente, como a teoria de Vygotsky e o modelo de Engeström articularam-se para a concretização das atividades e na elaboração da sequência didática.

No quinto capítulo, apresentam-se os comentários e os resultados das atividades aqui propostas para elaboração do produto final de nossa pesquisa.

No sexto capítulo, apresentam-se as considerações finais da pesquisa.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GERAL**

Colaborar, por meio da elaboração do material didático intitulado “Da Laranja ao Universo das Partículas, sobre os tópicos Física das Partículas e Interações Fundamentais, para a inserção da Física Moderna no Ensino Médio.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Desenvolver uma sequência didática sobre Física das Partículas com sugestões de atividades;
- Aplicar as atividades desenvolvidas em uma turma da terceira série do Ensino Médio de uma escola da rede privada;
- Verificar a consistência lógica formal do material;
- Analisar, com base nas produções elaboradas pelos estudantes, o envolvimento dos mesmos na realização das atividades, aferindo assim a pertinência das mesmas.

## Capítulo 2

### Revisão de Literatura

Como subsídio para nossa proposta, procuramos realizar uma análise, sem a intenção de ser exaustiva, dos materiais disponíveis na literatura acerca do tema das partículas elementares. Pudemos identificar alguns trabalhos já implementados na tentativa de levar esse tema para os alunos do Ensino Médio, cujos aspectos relevantes são delineados nesse capítulo.

#### 2.1 Artigos e publicações

Alguns trabalhos com o objetivo de inserir a Física Moderna no Ensino Médio, especificamente sobre Física das Partículas são abordados, em ordem cronológica, no intuito de traçar uma análise progressiva destas produções.

Ostermann (2001, 1999, 1996) apresenta uma proposta de utilizar um pôster colorido elaborado em tamanho A1 (84,1 cm por 59,4 cm) como material didático para a incorporação, na formação inicial e continuada de professores, do tema de interesse desse trabalho. Este pôster foi criado a partir da tradução e adaptação de materiais do *Contemporary Physics Education Project* (Califórnia, Estados Unidos, 1998) e do curso *Topics in Modern Physics*, organizado pelo *Fermi National Accelerator Laboratory* (Illinois, Estados Unidos, 1995).

Na proposta de Roger (2006), uma descrição atual e mais detalhada da estrutura da matéria é implementada pela utilização de textos adaptados para uma linguagem acessível à sala de aula e de atividades desenvolvidas para auxiliar na compreensão dos conceitos estudados.

Claudia e Mauro (2006) realizaram de uma pesquisa qualitativa com professores de Física do Ensino Médio, durante a 16ª Oficina de Física “César Lattes” – Partículas Elementares, promovida pelo Instituto de Física Gleb Wataghin da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), no mês de junho de 2006, cujo foco principal era levantar as perspectivas dos professores de Física do Ensino Médio em relação ao Modelo Padrão e, a partir das mesmas, propor alternativas para a inserção da Física de partículas no EM.

Wagner (2008) utilizou o detalhamento do funcionamento do LHC, como fundamentação teórica para a elaboração de um material didático para o ensino de partículas elementares no ensino médio. Moreira (2009, 2004) apresenta, de modo simplificado, o Modelo Padrão como uma teoria sofisticada que identifica as partículas elementares e suas interações. Depois, no âmbito dessa teoria, focalizam-se aspectos como o vácuo não sendo vazio; partículas nuas e vestidas; matéria escura e vento escuro; matéria e antimatéria; o campo e o bóson de Higgs; neutrinos oscilantes. Essas noções podem ser motivadoras, do ponto de vista do ensino e da aprendizagem da Física. Por fim, é abordada a provável superação dessa teoria por outra mais completa.

Marcos e Luciano (2010) destacam o avanço e a necessidade dos alunos do EM de entenderem as novas tecnologias e conhecerem a Física que é aplicada nas mesmas e assim sugerem a utilização de um jogo educativo, voltado para o tema partículas e o modelo padrão, o qual consiste em um conjunto de cartas com informações relevantes sobre os temas propostos.

Lisiane (2011) apresenta uma sugestão de atualização curricular para o Ensino Médio por meio da inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea, tendo como foco desenvolver e aplicar uma Unidade de Aprendizagem (UA) sobre Partículas Elementares, além de investigar indícios de aprendizagem significativa provenientes dessa aplicação, utilizando mapas conceituais construídos sequencialmente.

O trabalho de Marcilon (2011) tem como ponto central a exploração da história: “Quantolândia, a república das partículas”, uma ficção criada pelo autor, na qual são apresentados aspectos históricos, conceitos e ideias da Física das partículas elementares, cujo propósito é elucidar ao leitor, no caso, estudantes do EM, de uma maneira divertida e rica em analogias, o denominado “Modelo padrão da física de partículas”.

Jaqueline Maria (2013) utilizou, como foco de obtenção de dados e análise, a produção escrita dos estudantes sobre textos selecionados de divulgação científica.

Odair Aparecido (2014) apresentou uma proposta de material didático para o Ensino Médio, também destinado à formação continuada de professores. O objetivo central foi desenvolver um material didático de apoio ao professor, abordando tópicos de partículas elementares, para além de uma simples classificação.

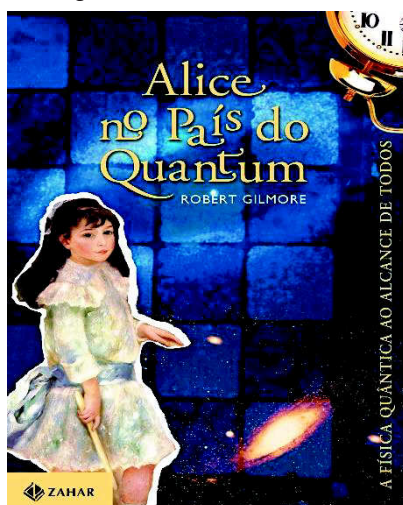
Uma vertente da produção cultural bastante interessante consiste nos livros paradidáticos de divulgação científica; na próxima seção, apresentamos os resumos de algumas obras de interesse.

## 2.2 Literatura aplicada.

A literatura discute, de forma lúdica, os tópicos que propomos em nosso trabalho. Segue um resumo de algumas dessas obras (a referência completa se encontra no final da obra), esse material também é abordado, de forma ilustrada, no produto dessa dissertação, constante no Apêndice 1.

- **Alice no País do Quantum**

**Figura 01:** Capa do livro “Alice no País do Quantum”



Fonte: <http://www.livrariacultura.com.br/p/alice-no-pais-do-quantum-219544> (2016)

Informações:

Título: Alice no País do Quantum

Autor: Robert Gilmore

Editora: Zahar

Gênero: Literatura Estrangeira/ Ciências Exatas

Páginas: 196

O livro não constitui uma adaptação da obra “Alice no País das Maravilhas” e muito menos uma paródia do mesmo. Inspirado na produção literária mencionada, como em relação à curiosidade da personagem e às alegorias elaboradas para abordar jogos lógicos, o autor procura explicar assuntos pertinentes a física quântica. Em analogia à entrada de Alice na toca do coelho, no enalço do mesmo, nessa obra, a menina se embrenha no tubo de raios catódicos de sua televisão e persegue um elétron. Estabelecendo diálogos com essas partículas, inicia-se a discussão dos princípios da Incerteza e de Exclusão de Pauli. Na sequência dos capítulos, é abordado a dualidade onda-partícula, características dos férmions e bósons; e, as simetrias e propriedades das partículas elementares, até o problema da medida.

É interessante pensar que a narrativa lhe dá a escolha de aprender os tópicos exclusivamente pela história (acrescida de *box* explicativos), ou também, a leitura das notas explicativas nos finais de cada capítulo, melhoram a clareza dos conceitos físicos de interesse.

- **O Discreto Charme das Partículas Elementares**

**Figura 02:** Capa do livro “O Discreto Charme das Partículas Elementares”



Fonte: <http://editoraunesp.com.br/catalogo/8571396418.discreto-charme-das-particulas-elementares>  
(2016)

Informações:

Título: O Discreto Charme das Partículas Elementares

Autor (a): Maria Cristina Batoni Abdalla

Editora: Editora da Unesp

Gênero: Ciências Exatas

Páginas: 352

O livro da professora Maria Cristina Abdalla inova pelo uso de figuras criativas, desenhadas por Sergio Kon, dando personalidade às partículas elementares. Cada partícula tem uma imagem pictórica, como uma identidade artística, dando-lhe um caráter único. Partículas leves como léptons possuem asas; o próton, que não é elementar, é representado por um monstrinho todo costurado, dando a entender que é formado por outras partículas.

Ponto forte a se destacar é a habilidade da autora em fazer bem a transição entre a ciência, tecnologia e sociedade, delineando, numa linguagem literária, a cronologia dos mais de cem anos de experimentos comprobatórios e como cada partícula pode ser categorizada em função de suas propriedades e pelas leis de conservação associadas às suas simetrias. Um artigo que sintetiza, de forma quase jornalística, os principais apontamentos da obra, pode ser encontrado em:

- **Por dentro do átomo – Física de Partículas para leigos**

**Figura 03:** Capa do livro “Por dentro do átomo – Física de partículas para leigos”



**Fonte:** [http://www.livrariadafisica.com.br/detalhe\\_produto.aspx?id=143041](http://www.livrariadafisica.com.br/detalhe_produto.aspx?id=143041) (2016)

#### Informações

Título: Por dentro do átomo – Física de partículas para leigos

Autor (a): Antônio Sergio Teixeira Pires e Regina Pinto de Carvalho

Editora: Editora Livraria da Física

Gênero: Ciências Exatas

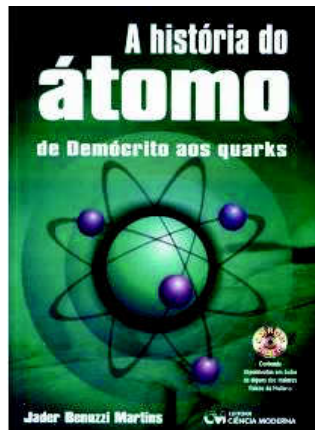
Páginas: 112

A obra descreve, de forma agradável e cientificamente correta, vários conceitos e modelos da física de partículas, como as primeiras ideias dos gregos antigos sobre a constituição da matéria, o átomo de Rutherford e o átomo de Bohr, às teorias mais modernas, como o modelo padrão.

Nesse caminho, eles abordam, entre outros tópicos, a equação de Schrödinger, partículas e antipartículas, os conceitos de massa e energia e a relação entre eles, dada pela equação de Einstein, a teoria da relatividade, quarks e glúons; e, teorias matemáticas aplicadas na física, como geometria euclidiana e riemanniana e simetrias de calibre.

- **A História do Átomo de Demócrito aos Quarks**

**Figura 04:** Capa do livro “A História do Átomo de Demócrito aos Quarks”



Fonte: [https://www.livrariadafisica.com.br/detalhe\\_produto.aspx?id=26179](https://www.livrariadafisica.com.br/detalhe_produto.aspx?id=26179) (2016)

**Informações**

Título: A História do Átomo de Demócrito aos Quarks

Autor (a): Jader Benuzzi Martins

Editora: Editoria Ciência Moderna

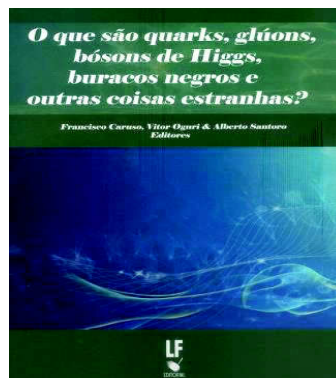
Gênero: Ciências Exatas

Páginas: 360

O autor explora de forma cronológica a evolução dos modelos atômicos, desde as primeiras ideias sobre átomo até os quarks. Dando um embasamento científico, tanto do ponto de vista experimental quanto teórico, acompanhando o livro, há, também, um CD que apresenta treze depoimentos de cientistas importantes.

- **O que são quarks, glúons, bósons de Higgs, buracos negros e outras coisas estranhas?**

**Figura 05:** Capa do livro “O que são quarks, glúons, bósons de Higgs, buracos negros e outras coisas estranhas?”



Fonte: <http://www.ofitexto.com.br/o-que-sao-quarks-gluons-boson-de-higgs-buracos-negros-e-outras-coisas-estranhas-p> (2016)

#### Informações

Título: O que são quarks, glúons, bósons de Higgs, buracos negros e outras coisas estranhas?

Autores: Francisco Caruso, Vitor Oguri, Alberto Santoro

Editora: Livraria da Física

Gênero: Ciências Exatas

Páginas: 209

Se você é curioso, se interessa por questões da fronteira da Física e tem perguntas do tipo “o que são os quarks?”, “o que é o bóson de Higgs?”, “O que é a energia e a matéria escuras?”; entre outras, este livro é o ideal para encontrar as respostas.

Ele é fruto de esforço de um grupo de cientistas que compreende a necessidade urgente de compartilhar seu conhecimento com a sociedade. Os textos reunidos fazem parte do conteúdo da *Lishep*, 2009, um conjunto de Escolas dedicadas a professores de ensino médio, licenciandos e jornalistas científicos. Apresenta, de forma agradável e compreensível, em cada capítulo, as respostas atuais às questões citadas e a outras, não necessariamente decorrentes.

- **O Cerne da matéria**

**Figura 06:** Capa do livro “O cerne da Matéria”



Fonte: <http://www.companhiadasletras.com.br/detalhe.php?codigo=13515> (2016)

#### Informações

Título: O Cerne da Matéria

Autor: Rogério Rosenfeld

Editora: Companhia das Letras

Gênero: Ciências Exatas

Páginas: 212

Em “O cerne da matéria”, o físico brasileiro Rogério Rosenfeld apresenta uma leitura historiográfica, traçando todo o caminho que levou à construção do LHC (*Large Hadron Collider* – em tradução livre: grande colisor de Hádrons). A partir de um ponto de vista privilegiado, de quem trabalhou como pesquisador no próprio CERN, na Suíça, utilizando dados do colisor para seus estudos, Rosenfeld desvendou a longa batalha política que culminou no acelerador. Mais que isso, oferece um rico panorama histórico dos avanços científicos atrelados ao mesmo, inserindo a descoberta do bóson de Higgs, numa narrativa esclarecedora e empolgante sobre as fronteiras da ciência e sobre os homens que ousaram desafiá-las.

- **Fundamentos da Física de Nêutrons**

**Figura 07:** Capa do livro “Fundamentos da Física de Nêutrons”



Fonte: [https://www.livrariadafisica.com.br/detalhe\\_produto.aspx?id=30695](https://www.livrariadafisica.com.br/detalhe_produto.aspx?id=30695) (2016)

#### Informações

Título: Fundamentos da Física de Nêutrons

Autora: Cibele Bugno Zamboni

Editora: Livraria da Física

Gênero: Ciências Exatas

Páginas: 153

De acordo com o Prof. Doutor Silvio Bruni Herdade (USP), essa obra, escrita por especialistas que atuam em Física Nuclear Experimental, permite que o leitor tenha uma visão abrangente da Física de Nêutrons. Os primeiros capítulos apresentam noções básicas sobre o nêutron e como esta e outras partículas nucleares podem ser detectadas.

Os Capítulos 4 e 8 relacionam-se com aspectos experimentais e teóricos da física dos reatores nucleares; os Capítulos 5, 6 e 7 apresentam aplicações importantes da física

de nêutrons, como a radiografia com nêutrons, a ativação neutrônica e a difração de nêutrons.

O Capítulo 9 aborda a dosimetria de nêutrons. O texto inclui tabelas e gráficos, que constituem fonte de dados para eventuais consultas. Fundamentos da Física de Nêutrons, tendo em vista o seu conteúdo, é, sem dúvida, um livro de interesse para estudantes e pesquisadores em física nuclear e profissionais que atuam em áreas correlatas da física, química e engenharia.

- **Nós, professores brasileiros de Física do Ensino Médio, estivemos no CERN**

**Figura 08:** Capa do livro “Nós, professores brasileiros de Física do Ensino Médio, estivemos no CERN”



Fonte: [http://www.livrariadafisica.com.br/detalhe\\_produto.aspx?id=143413](http://www.livrariadafisica.com.br/detalhe_produto.aspx?id=143413) (2016)

#### Informações

Título: Nós, professores brasileiros de Física do Ensino Médio, estivemos no CERN

Autor: Nilson Marcos Dias Garcia

Editora: Livraria da Física

Gênero: Ciências Exatas

Páginas: 544

Este livro mostra a importância e o impacto do Programa de Valorização do Magistério da CAPES, vale ressaltar a minha participação no quinto capítulo dando uma contribuição sobre a sala de aula após a ida ao CERN. O programa tem permitido que os docentes façam uma imersão no dia-a-dia deste, ajudando-os acerca da valorização pessoal e profissional, para que possam desenvolver as suas atividades com qualidade.

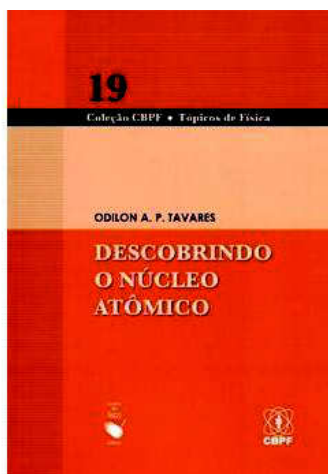
A obra está organizada em torno de cinco momentos: Localizando o CERN e a sua importância; a Escola de Professores no CERN em Língua Portuguesa e a Escola de

Física CERN; a preparação dos professores selecionados para participarem da Escola de Física CERN; a semana de curso no CERN e a difusão da experiência vivenciada após o retorno ao Brasil.

Repleto de fotografias, a maior parte delas tirada pelos próprios participantes dentro da instituição, os textos deram voz aos professores e professoras que, de forma envolvente, descreveram impressões e sensações dessa sua experiência em participar da Escola de Física CERN.

- **Descobrimdo o núcleo atômico**

**Figura 09:** Capa do livro “Descobrimdo o núcleo atômico”



Fonte: [https://www.livrariadafisica.com.br/detalhe\\_produto.aspx?id=141674](https://www.livrariadafisica.com.br/detalhe_produto.aspx?id=141674) (2016)

Informações

Título: Descobrimdo o núcleo atômico

Autor: Odilon A. P. Tavares

Editora: Livraria da Física

Gênero: Ciências Exatas

Páginas: 44

Neste livro, o autor mostra de modo simples o ferramental matemático que conduz a uma melhor compreensão da descoberta do núcleo atômico. Sua abordagem permite obter, com facilidade, a celebrada fórmula de Rutherford para o espalhamento alfa e suas implicações, a qual foi, logo em seguida, comprovada, experimentalmente, em todos os seus detalhes numa série de experimentos subsequentes cuidadosamente conduzidos pelo físico alemão Johannes Geiger (1882-1945) e o físico inglês-neozelandês Ernest Marsden (1889-1970) e por eles divulgado em 1912 no prestigioso periódico *Philosophical Magazine*.

- **O mundo das partículas de hoje e de ontem**

**Figura 10:** Capa do livro “O mundo das partículas de hoje e de ontem”



Fonte: [http://www.livrariadafisica.com.br/detalhe\\_produto.aspx?id=141723](http://www.livrariadafisica.com.br/detalhe_produto.aspx?id=141723) (2016)

#### Informações

Título: O mundo das partículas de hoje e de ontem

Autores: Gilvan Alves, Francisco Caruso, Hélio da Motta, Alberto Santoro

Editora: Livraria da Física

Gênero: Ciências Exatas

Páginas: 166

Este livro faz um contraponto entre as descobertas do pión e a do quark *top*, enfatizando que ambas tiveram enorme importância no desenvolvimento da Física de Partículas, como também para a Física no Brasil. O leitor encontra depoimentos únicos de César Lattes, Leite Lopes e Alfredo Marques, sobre importantes descobertas experimentais e teóricas.

Outros artigos descrevem, de modo acessível ao público leigo, as diferentes técnicas de medição e de buscas de novas partículas e a aplicação das partículas elementares para o tratamento de câncer.

- **Do átomo grego à física das interações fundamentais**

**Figura 11:** Capa do livro “Do átomo grego à Física das Interações Fundamentais”



Fonte: <http://www.livrariacultura.com.br/p/do-atomo-grego-a-fisica-das-interacoes-fundamentais-15061641> (2016)

#### Informações

Título: Do átomo grego à física das interações fundamentais

Autor: Francisco Caruso, Alberto Santos

Editora: Livraria da Física

Gênero: Ciências Exatas

Páginas: 166

Este livro mostra publicações de quase todo o material referente às aulas, seminários e debates da LISHEP 1993 – I Escola Internacional de Física de Altas Energias do LAFEX – ficam registrados, em um único volume, uma enorme quantidade de informações e, principalmente, de ideias que convergem para aguçar a curiosidade de professores e alunos do ensino Médio com relação à Física Fundamental.

Estes materiais disponíveis na literatura acerca do tema partículas elementares foram fontes inspiradoras para nossa fundamentação teórica a qual abordaremos no terceiro capítulo desta pesquisa.

## Capítulo 3

# FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 3.1. Interacionismo: Vygotsky

Considerando os processos de ensino-aprendizagem na prática didática, se faz necessário para qualquer intervenção educativa apoiar-se nos conhecimentos teórico e prático. Em particular, esse trabalho mobilizou subsídios na teoria de Vygotsky, essa oriunda da escola soviética, cuja psicologia da aprendizagem está em função da relação dialética entre linguagem e desenvolvimento.

Para Vygotsky, a tarefa básica da Psicologia deveria ser a de reconstruir a origem e a forma como se deu o desenvolvimento do comportamento humano. Baseando-se nessa convicção, Vygotsky e seus colaboradores atribuem uma enorme importância ao papel da interação social no desenvolvimento do ser humano. Segundo Ostermann e Cavalcanti, o conceito central da teoria de Vygotsky é o de atividade, que é a unidade de construção da arquitetura funcional da consciência; um sistema de transformação do meio (externo e interno) com ajuda de instrumentos, orientados externamente; devem necessariamente levar a mudanças nos objetos, e signos, orientados internamente; dirigidos para o controle do próprio indivíduo.

Uma atividade, entendida como mediação, na qual o emprego de instrumentos e signos representa a unidade essencial de construção da consciência humana. Essa se daria pelo contato social consigo mesmo e, por isso, constituída de uma estrutura semiótica (estrutura de signos) cuja origem está na cultura.

Conforme Vygotsky, o desenvolvimento humano está definido pela interiorização dos instrumentos e signos; pela conversão dos sistemas de regulação externa a meios de autorregulação, dessa forma, a mediação seria uma etapa do desenvolvimento do pensamento centrada na presença de estímulos e signos, o que faz com que o homem modifique as suas atividades psíquicas. De acordo com Oliveira (1992, p. 26):

Enquanto sujeito do conhecimento o homem não tem acesso direto aos objetos, mas um acesso mediado, isto é, feito através dos recortes do real operados pelos sistemas simbólicos que dispõe. O conceito de mediação inclui dois aspectos complementares. Por um lado refere-se ao processo de representação mental: a própria ideia de que o homem é capaz de operar mentalmente sobre o mundo supõe,

necessariamente, a existência de algum tipo de conteúdo mental de natureza simbólica, isto é, que representa os objetos, situações e eventos do mundo real no universo psicológico do indivíduo. Essa capacidade de lidar com representações que substituem o real é que possibilita que o ser humano faça relações mentais na ausência dos referenciais concretos, imagine coisas jamais vivenciadas, faça planos para um tempo futuro, enfim, transcenda o espaço e o tempo presentes, libertando-se dos limites dados pelo mundo fisicamente perceptível e pelas ações motoras abertas. A operação com sistemas simbólicos – e o consequente desenvolvimento da abstração e da generalização – permite a realização de formas de pensamento que não seriam possíveis sem esse processo de representação e define o salto para os chamados processos psicológicos superiores, tipicamente humanos. O desenvolvimento da linguagem – sistema simbólico básico de todos os grupos humanos – representa, pois, um salto qualitativo na evolução da espécie e do indivíduo.<sup>3</sup>

Para Wallon, o processo de desdobramento da coisa e da sua representação, ou do significante e do significado, ocorre no símbolo e no signo, instrumentos de significação já prenunciados, de alguma maneira, pelos sinais e índices. Segundo ele, não é claro que exista uma filiação genética entre sinais, índices, símbolos e signos (cf. Pino, 1991). Mas, o que está totalmente claro é que só os signos possibilitam o acesso à verdadeira representação, pois, pela sua natureza convencional, permitem que qualquer coisa possa servir para representar qualquer outra, sem que entre elas exista qualquer elo natural de ligação. Como diz o autor, os signos implicam uma espécie de cumplicidade e de entendimento entre o "eu" e o "outro". Não é à toa que o signo é uma convenção. (PINO et al., 1993).

Para Vygotsky, o acesso aos signos, no caso, os linguísticos, transforma completamente a atividade prática da criança, dando origem às formas humanas de atividade, tanto prática (técnica) quanto abstrata (científica):

Um conceito só aparece quando os traços abstraídos são sintetizados novamente, e a síntese abstrata daí resultante torna-se o principal instrumento do pensamento [...]. A palavra desempenha um papel decisivo nesse processo<sup>4</sup>. A palavra é o meio pelo qual se conduzem as operações mentais que levam à formação dos conceitos.<sup>5</sup>

O interesse de Vygotsky (1995) pelas questões da linguagem, o levou a tratar a questão semiótica, a partir do signo linguístico. Entretanto, se as outras formas ocupam um espaço reduzido nas suas obras, isso não quer dizer que ele as ignore ou que

---

<sup>3</sup> OLIVEIRA, Marta Kohl de. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-histórico**. São Paulo: Scipione, 1993. p. 26.

<sup>4</sup> VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. Rio de Janeiro: Martins Fontes, 1996. p. 70.

<sup>5</sup> VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. Rio de Janeiro: Martins Fontes, 1996. p. 70

lhes atribua uma função marginal; basta lembrar o interessante estudo que ele faz do "jogo simbólico" e o, belo, exemplo da constituição do "gesto" de apontar que ele apresenta ao discutir a questão da internalização das funções superiores. Fica claro em sua obra que a linguagem não esgota os processos de produção de significação, ou seja, do campo da semiótica. Todavia, ela aparece como o mais preeminente desses processos. (PINO et al., 1993).

Vygotsky (1993) aborda dois conceitos: os conceitos cotidianos ou espontâneos e os conceitos científicos. Conforme Cenci & Costas (s/d) os conceitos cotidianos ou espontâneos são formados a partir de vivências, da observação do mundo ao redor se definem a partir das propriedades perceptivas, funcionais ou contextuais de seu referente, isto é, da coisa em si.

No contexto da aprendizagem, parafraseando Vygotsky, os conceitos espontâneos ou cotidianos são aqueles que a criança adquire fora do contexto escolar, que não foram apresentados a ela de forma sistemática, embora mediados por adultos.

Para Vygotsky (1993) os conceitos cotidianos ou espontâneos são formados a partir de vivências, da observação do mundo ao redor se definem a partir das propriedades perceptivas, funcionais ou contextuais de seu referente, isto é, da coisa em si. Na concepção de Vygotsky, para os conceitos cotidianos, os indivíduos focalizam a atenção no objeto.

Esses dizem respeito às relações da palavra com os objetos a que se referem e permitem o desenvolvimento de estruturas importantes de generalização. Para os conceitos científicos a atenção está focalizada no próprio ato de pensar, eles dizem respeito às relações das palavras com outras palavras, pois não há como compreender tais conceitos sem ligá-los a outros.

Vygotsky (1993) afirma que desde o início os conceitos científicos e espontâneos se desenvolvem em direções opostas, mas que na sua evolução acabam por se encontrar, enfatiza ainda que “o desenvolvimento dos conceitos espontâneos é ascendente, enquanto o desenvolvimento dos seus conceitos científicos é descendente” (VYGOTSKY, 1993, p.93).

Assim, o indivíduo só daria significado a uma palavra que designa um conceito científico se desse significado a outros vocábulos que representam os outros conceitos, aos quais o primeiro está relacionado.

Os conceitos científicos – devido a sua estrutura semiótica – envolvem a consciência reflexiva, o discernimento, o controle voluntário do ato de pensar, ou, em outras palavras, o domínio do pensamento.

Para Cenci & Costas (s/d):

Na formação dos conceitos científicos entra em cena a instrução. E para a formação do conceito científico é necessário que existam determinados conceitos cotidianos, estes funcionam como mediadores para a internalização, isto é, para a compreensão dos conceitos científicos é preciso já dominar certos conceitos espontâneos a ele relacionados.<sup>6</sup>

O processo de formação de conceitos é afetado por diferentes condições internas e externas à criança, sendo que a aprendizagem de conceitos em idade escolar é uma poderosa força que direciona todo o desenvolvimento mental da criança (Vygotsky, 1995). Assim, a educação é vista como um dos fatores a produzir o desenvolvimento cognitivo

O conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) tem em princípio um alcance teórico, porém, na concepção sociocultural do desenvolvimento não se pode considerar a criança como um ser isolado de seu meio sociocultural. Segundo Palinsar, Brown e Campione (1993): “O desenvolvimento consiste num processo de aprendizagem do uso das ferramentas intelectuais, através da interação social com outros mais experimentados no uso dessas ferramentas.”<sup>7</sup>

Ou seja, não se pode analisar o desenvolvimento de uma criança omitindo seus vínculos sociais. De acordo com Rego (1996),

O conceito de zona de desenvolvimento proximal é de extrema importância para as pesquisas do desenvolvimento infantil e para o plano educacional, justamente porque permite a compreensão da dinâmica interna do desenvolvimento individual. Através da consideração da zona de desenvolvimento proximal, é possível verificar não somente os ciclos já completados, como também os que estão em via de formação, o que permite o delineamento da competência da criança e de suas futuras conquistas, assim como na elaboração de estratégias pedagógicas que auxiliem nesse processo.<sup>8</sup>

---

<sup>6</sup> CENCI, Adriane. COSTAS, Fabiane Adela Tonetto. **Conceitos cotidianos e aprendizagem escolar**. In: Revista travessias. Ed.10. issn: 1982-5935.

<sup>7</sup> PALINSAR, A. Brwn, A. e Campione, J (1993). “First-Grade Dialogues for Knowledge Acquisition and Use”. In Ellice A. Forman, Norris Minick e C.Addison Stone (ed),Contexts For Learning (pp.43-57) New York: Oxford Universoity Press.

<sup>8</sup> REGO, Teresa Cristina. Vigotsky: **Uma perspectiva histórico-cultural da educação**. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1996. p. 74.

Podemos verificar as inúmeras possibilidades de um adulto ajudar no desenvolvimento de uma criança na ZDP, destacando a imitação de atitudes, além da colaboração em atividades compartilhadas como fator construtor do desenvolvimento.

De acordo com Vygotsky (1996, p.25) a teoria busca caracterizar os aspectos tipicamente humanos do comportamento e elaboração de hipóteses de como essas características se formaram ao longo da história humana e como se desenvolvem durante a vida do indivíduo. Nesse contexto destaca-se o estudo da gênese social das funções psicológicas superiores ou processos mentais superiores, capacidade de planejamento, memória voluntária, imaginação, pensamento abstrato, formação de conceitos, resolução de problemas, etc.

As funções mentais superiores são construídas nas relações do indivíduo em seu contexto sócio histórico e se desenvolvem por meio de processos de internalização das formas culturais do comportamento. Na internalização, um processo interpessoal é transformado em num processo intrapessoal.

De acordo com Leontiev (1978), uma atividade consiste em um grupo de pessoas (sujeitos) engajadas em um mesmo propósito, com uma direção para o seu trabalho (objeto ou motivo da atividade). A atividade emerge de uma necessidade, que direciona os motivos para um objeto relacionado.

Para satisfazer os motivos são necessárias ações. Essas, por sua vez, são realizadas de acordo com as condições da atividade que determinam as operações relacionadas com cada ação.

Na estrutura da atividade, encontram-se os seguintes níveis:

1. A atividade, direcionada a um motivo;
2. As ações, direcionadas a objetivos específicos; e.
3. As operações, ou rotinas, que mantêm o sistema funcionando e que dependem das condições.

Segundo o modelo de Engeström (1987):

- O sujeito consiste em um indivíduo ou grupo de pessoas engajadas em um único propósito, cujo poder de ação é o foco da análise;

- Objeto é o “espaço problema” na direção do qual a atividade é desenvolvida;
- Ferramentas são artefatos mediadores e signos;
- Comunidade refere-se às pessoas que partilham o mesmo objeto;
- Divisão do trabalho diz respeito à divisão das tarefas e ao status entre os membros da comunidade; e,
- As regras se referem-se às normas e convenções explícitas e implícitas que regulam as ações e interações dentro do sistema de atividades.

No quarto capítulo, apresentamos como esses princípios se articularam para a concretização das atividades, na elaboração da sequência didática.

### **3.2 Um Breve Histórico Sobre Física das partículas**

Entender a estrutura da matéria sempre foi motivo de curiosidade tanto para filósofos quanto para cientistas. A busca por esse entendimento vem desde o início das civilizações e, até hoje, não encontramos respostas definidas. Muitas foram as hipóteses apresentadas pelos filósofos da antiguidade e muitas foram as respostas, podemos enunciar algumas dessas hipóteses, para Tales de Mileto, que nasceu no ano de 640 a.C. e morreu em 550 a.C., o elemento fundamental constituinte da matéria seria a água, uma vez que ele acreditava que tudo por ela era composto e nela se dissolvia.

Para Empédocles, no ano 484 a.C., a matéria era constituída dos quatro principais elementos da natureza: água, ar, fogo e terra, em comum essas hipóteses defendiam a conservação e indestrutibilidade da matéria. Aristóteles aceitava a teoria dos quatro elementos, porém assim como Platão, acrescentava um quinto elemento, o éter.

Os gregos utilizavam a palavra “átomo”, que quer dizer indivisível, para designar a menor partícula que se poderia obter ao subdividir um pedaço de matéria, hoje se compreende que, na verdade, esse é constituído de partículas ainda menores.

#### **3.2.1 Teoria atomista**

Essa teoria possibilitou aos seus idealizadores, Leucipo e Demócrito, a dar uma explicação para a estrutura da matéria, sem a necessidade de se utilizar de elementos

divinos ou misteriosos. Essa escola acreditava que toda a matéria do mundo era composta por partículas muito pequenas que não podiam ser destruídas nem quebradas. Como afirma Martins:

A teoria fundamental de Leucipo e Demócrito é de que o universo é constituído de duas coisas, os átomos e o vácuo; isto é, composto de agregados de matéria e de um vazio total. Demócrito acreditava que as diversas espécies de matéria poderiam ser subdivididas em pedaços cada vez menores até atingir um limite, além do qual nenhuma divisão seria possível.<sup>9</sup>

Essa teoria “hibernou” por mais de vinte séculos, pelo fato de durante a Idade Média (séculos V ao XV), os alquimistas terem mantidos seus trabalhos fundamentados na proposta de Aristóteles, ou seja, o de que a matéria que constitui o nosso mundo apresenta uma estrutura contínua.

### **3.2.2 Modelo atômico de Dalton**

John Dalton (1766-1844) é considerado o pai da teoria atômica moderna, essa foi publicada em 1808, com o título “Um novo sistema da filosofia química”. Sua ideia principal era que toda a matéria era composta por átomos, e esses, de um dado elemento químico, difeririam quanto a sua massa e outras propriedades.

O modelo atômico de Dalton encontrava dificuldades para explicar as leis volumétricas de Gay-Lussac, Amadeo Avogadro (1776-1855) mostrou em 1811, que essa dificuldade poderia ser resolvida se uma distinção fosse feita entre os átomos e as pequenas partículas constituintes de um gás, ele considerou que essas são agregadas de um número definido de átomos e as denominou de moléculas.

No final do século XIX, em 1879, o físico William Crookes (1832-1919), obteve evidências de que uma forma de radiação, emanada do catodo de um tubo, no qual uma descarga elétrica passava através de um gás, consistia de partículas com carga elétrica negativa, o que foi confirmado em 1897, por John J. Thomson (1856-1940). E, dessa forma, um novo modelo se fazia necessário.

### **3.2.3 Modelo atômico de Thomson**

---

<sup>9</sup> MARTINS, Jader B. A história do átomo de Demócrito aos Quarks. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna. 2002. p. 02.

John J. Thomson (1856-1940) é considerado o descobridor do elétron. Ele propôs um modelo atômico que consistia em uma esfera de carga positiva uniformemente distribuída, onde os elétrons estavam embebidos, como passas em um pudim, atribui-se a ele também a identificação de uma partícula positiva com massa igual à do átomo de hidrogênio em seus estudos de ionização de gases.

Mais tarde, com novos experimentos, Thomson postulou que os elétrons estavam situados em anéis e esses se movimentam em órbitas ao redor da esfera positiva. O modelo de Thomson explica alguns fenômenos como a corrente elétrica, eletrização por atrito, formação de íons e as descargas elétricas em gases. Em 1909, Ernest Rutherford (1871-1937), liderou um grupo que estudava o espalhamento de partículas alfa passando por folhas metálicas finas.

Observou-se que cerca de uma, em oito mil partículas alfa, era refletida em um ângulo maior que noventa graus, o que não era compatível com o modelo atômico de Thomson, o fato de que muitas partículas ricocheteavam de volta, sugeria que a matéria no núcleo estava concentrada em alguns pontos, e, assim, novamente, era necessário repensar um novo modelo explicativo.

### **3.2.4 Modelo atômico de Rutherford**

Ernest Rutherford (1871-1937), no final de 1910, chegou à conclusão de que o átomo consistia de um centro maciço, cercado, na maior parte, por um espaço vazio, mas, só em 1911, apresentou um modelo atômico, onde propunha que os átomos consistiam de um “caroço” com carga positiva, o núcleo, que continha quase toda a massa atômica, cercado por uma nuvem de elétrons com carga negativa.

O experimento de Rutherford levou à conclusão de que o átomo seria composto de um núcleo positivo, que ocupava uma região muito pequena, comparada ao seu tamanho e de cargas negativas que orbitavam em torno deste. Sendo assim, o elétron se moveria em movimento circular, com aceleração centrípeta, devido à atração elétrica entre as cargas.

No entanto, havia uma falha nesse modelo: uma carga em movimento acelerado emite radiação eletromagnética; ao se mover com aceleração centrípeta, o elétron deveria emitir radiação e perder energia.

Com isso, o raio de sua órbita deveria diminuir gradativamente até que ele colidisse com o núcleo. Para resolver as dificuldades desse modelo atômico, em 1913, Niels Bohr (1865-1962) propôs um modelo atômico que foi o ponto de partida para a formulação quântica do átomo.

### **3.2.5. Modelo de Bohr**

Niels Bohr (1865-1962), em seu modelo, defendia que um elétron só podia se mover em órbitas bem determinadas, girando em círculos, em torno do núcleo, obedecendo às leis da Mecânica Clássica. Assim, este movendo-se em uma dessas órbitas possíveis não emite radiação eletromagnética.

A energia eletromagnética, esperada no modelo de Rutherford, só era emitida quando um elétron “pulava” descontinuamente de uma órbita para outra.

Como um elétron, na última órbita interior, não havia outras com menores energias para se deslocar, o átomo ficava em um estado estável. Em seu modelo, Bohr colocava algumas restrições nas órbitas clássicas, que eram permitidas, e exigia que nessas órbitas o elétron não irradiasse: essa restrição contrariava frontalmente a Teoria da Radiação. Em 1920, Rutherford propôs que o núcleo do átomo de hidrogênio era constituído por uma partícula fundamental, chamando-a de próton.

Entretanto, havia uma complicação no caso do carbono, que tem peso atômico 12 e núcleo com 6 cargas, foi feita uma suposição de que 6 elétrons se juntavam a 12 prótons para formar o núcleo atômico do carbono.

Mas, pela regra da Mecânica Quântica, o confinamento de elétrons na região nuclear os levava a ter uma energia muito grande. Bohr e Rutherford, para resolver o problema, sugeriram a existência de “prótons sem carga”, que chamaram de nêutrons. O nêutron foi finalmente descoberto em 1932, por James Chadwick (1891-1974), que foi aluno de Rutherford.

O modelo que aparentemente sanava todas as questões logo encontrou dificuldades em se manter, uma vez que outras partículas foram descobertas em experimentos, usando raios cósmicos e aceleradores de partículas.

### 3.2.6. Partículas elementares

Durante o século XIX, o átomo era considerado elementar, pois, nada se conhecia sobre sua natureza interna, porém, no final do século XIX, o átomo foi quebrado, e o elétron ( $e^-$ ) foi a primeira partícula observada.

Por outro lado, do ponto de vista experimental e teórico, o conceito não é tão simples assim; há grandes dificuldades quanto aos limites intrínsecos à observação, e há também dificuldades na concepção dos modelos teóricos que descrevem o comportamento da matéria. Do ponto de vista teórico, o conceito que define uma partícula elementar é de natureza abstrata e matemática, as partículas elementares são descritas por objetos matemáticos denominados de função de onda.

O fóton foi a segunda partícula elementar (partícula virtual responsável por mediar as interações eletromagnética) descoberta, desde 1888, os físicos vinham observando que certos metais iluminados por luz intensa (radiação) emitem partículas carregadas negativamente, esse fenômeno passou a ser conhecido como efeito fotoelétrico.

Em 1923, dezoito anos da proposta teórica de Einstein, o fóton foi confirmado na experiência do efeito Compton. O neutrino do elétron foi a terceira partícula elementar a ser estudada, e surgiu de uma proposta teórica formulada em 1930. O pósitron foi a quarta partícula elementar a ser descoberta e, na verdade, constitui a antipartícula do elétron. O múon foi a quinta partícula elementar e a primeira das partículas instáveis a ser descoberta (Abdalla, 2006).

Com o desenvolvimento da técnica na fabricação de emulsões sensíveis, conjugado à utilização de aceleradores mais sofisticados, foi descoberta uma significativa quantidade de partículas e era necessário classificá-las:

A teoria que explica as forças e partículas fundamentais, que compõem toda a matéria que existe no universo, é denominada Modelo Padrão. Algumas partículas, aparentemente, são elementares, no sentido de que não têm tamanho ou estrutura interna. Elas foram chamadas de léptons. São elas: elétron ( $e^-$ ), múon ( $\mu$ ), e o tauon ( $\tau$ ).

As demais partículas constituintes da matéria são chamadas hádrons. Elas têm tamanho, isto é, uma estrutura interna, e, aparentemente são constituídas de partículas menores, realmente elementares. Experimento realizado no acelerador linear de

Stanford no final dos anos 1960, usando elétrons de alta energia espalhados por prótons, indicavam que o próton era constituído de objetos pontuais com carga elétrica. Nessa mesma época, o físico americano Murray Gell-Mann propôs um modelo onde os hádrons eram constituídos de partículas, que foram nomeados de quarks.

Existem seis tipos de quarks chamados de sabores são eles: *up* (u), *down* (d), *strange* (s), *charm* (c), *bottom* (b) e *top* (t).

### 3.2.7. Tipos de Interações

As forças fundamentais conhecidas na natureza são quatro: força nuclear forte; força nuclear fraca; força eletromagnética; e, força gravitacional. Vale lembrar que um dos grandes projetos da Física é a Teoria Unificada, que explica todos os fenômenos em termos de uma única interação fundamental, um passo neste sentido foi dado pela teoria da unificação das interações eletromagnética e fraca na interação eletrofraca. A força forte, que atua somente em distâncias muito pequenas, menores que o raio do núcleo atômico, é intermediado por glúons. A força fraca, que também está limitada ao núcleo atômico é responsável pelos decaimentos beta e é intermediada pelas partículas Z, W,  $W^+$  que são mésons.

A força eletromagnética, que pode atuar em qualquer distância, é a responsável pela maioria das forças que sentimos no nosso dia a dia, como o atrito, força muscular, forças de contato, etc., é intermediada por fótons virtuais. E a força gravitacional, seu peso é um bom exemplo desta, é intermediada por grávitons. Esses estão previstos pelo Modelo Padrão, muito esforço experimental já foi realizado, mas até hoje estas partículas não foram detectadas.

Em 1964, o físico inglês Peter Higgs, propôs um mecanismo que ficou conhecido como Mecanismo de Higgs, um dos maiores enigmas do modelo padrão, que gera a massa das partículas chamadas bósons de Gauge. De acordo com o modelo padrão, esse mecanismo é responsável pela geração de massas.

### 3.2.8. Últimos Avanços no Entendimento das Partículas Elementares

Em busca de respostas para questões desafiadoras sobre a origem da matéria e sobre o infinitamente pequeno, físicos de partículas elementares de diversos países reuniram-se e fundaram o CERN.

Neste, os físicos e engenheiros estão investigando a estrutura fundamental do universo. Eles utilizam os melhores e mais complexos instrumentos científicos do mundo para estudar os componentes básicos da matéria - as partículas fundamentais.

As partículas produzidas nesses aceleradores não duram mais que ínfimas frações de segundo, os fenômenos que resultam das colisões das partículas nos aceleradores dão aos estudiosos, pistas sobre como as partículas interagem e fornece *insights* sobre as leis fundamentais da natureza.

Em 4 de julho de 2012, os ATLAS e CMS do CERN realizaram experiências no Grande Colisor de Hádrons e anunciaram que tinham observado uma nova partícula na região de massa em torno de 126 GeV. Esta partícula é consistente com o bóson de Higgs, previsto pelo Modelo Padrão. Este, como proposto no âmbito deste arquétipo, é a manifestação mais simples do mecanismo Brout-Englert-Higgs. Outros tipos de bósons de Higgs são previstos por outras teorias que vão além do Modelo Padrão.

Em 8 de outubro de 2013, o Prêmio Nobel de Física foi atribuído conjuntamente a François Englert e Peter Higgs pela descoberta teórica de um mecanismo que contribui para a nossa compreensão da origem da massa das partículas subatômicas e que a descoberta foi confirmada em março de 2013, através das experiências no ATLAS e CMS.

Podemos dizer que o que chamamos de Modelo Padrão é na verdade uma teoria, segundo Gordon Kane, um físico teórico da Universidade de Michigan:

o Modelo Padrão é, na história, a mais sofisticada teoria matemática sobre a natureza. Apesar da palavra “modelo” em seu nome, o Modelo Padrão é uma teoria compreensiva que identifica as partículas básicas e especifica como interagem. Tudo o que acontece em nosso mundo (exceto os efeitos da gravidade) resulta das partículas do Modelo Padrão interagindo de acordo com suas regras e equações.<sup>10</sup>

Mas essa não é uma teoria acabada, nem definitiva. Ao contrário é, como todas as demais teorias científicas, uma verdade provisória, no sentido de que, seguramente, será modificada, completada, extrapolada, a fim de explicar melhor o que se propõe e, em algum momento, dará lugar a outras teorias que, de alguma forma, nela estarão apoiadas.

---

<sup>10</sup> KANE, G. Scientific American 288(6), 56 (2003). p. 58

## Capítulo 4

### METODOLOGIA

#### 4.1 Tipo de Pesquisa

A presente pesquisa é de cunho qualitativo descritivo. Para Moreira:

O interesse central dessa pesquisa está em uma interpretação dos significados atribuídos pelos sujeitos à suas ações em uma realidade socialmente construída, através de observação participativa, isto é, o pesquisador fica imerso no fenômeno de interesse.<sup>11</sup>

Como características importantes de uma pesquisa qualitativa, consideram-se a observação, a descrição, a interpretação e o significado. Em uma pesquisa descritiva, segundo Gil: “utilizam-se técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como questionário e observação sistemática”<sup>12</sup>.

A análise da sequência proposta e sua implementação está subsidiada em três formas de registro: a filmagem das aulas, o diário de bordo do professor e as produções dos alunos. Ao buscar as atividades para compor a sequência didática, consideramos a necessidade de que os estudantes vivenciassem atividades diversas, com diferentes estratégias, como exposições dialogadas, utilização de vídeos educativos, visita virtual orientada, entre outras.

#### 4.2 Local e Participantes

Participaram deste estudo trinta e dois estudantes da terceira série do ensino médio da Escola Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica-FUCAPI, todos assinaram termo de autorização e concordância de produção de imagem (conforme Apêndice II). Uma amostra da turma é apresentada na Figura 01.

---

<sup>11</sup> MOREIRA, Marco Antônio. Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011. p. 76

<sup>12</sup> GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P. Formação de Professores de Ciências. Ed. Cortez, 2006.p. 46.

**Figura 13** – Alunos participantes do projeto



Fonte: próprio autor

É importante destacar que os participantes foram denominados A1, A2, A3, ..., A32 e sempre que for necessário utilizaremos a letra (P) para representar o professor e a letra (O) para representar o orientador.

### 4.3. Delineamentos das Atividades

As atividades desenvolvidas foram distribuídas em onze encontros, conforme descritas no Quadro I:

**Quadro I:** Descrição dos Encontros

Encontros	Atividade	Descrição
01	Questionário sobre partículas elementares e interações fundamentais.	Aplicação de um questionário para verificação do conhecimento prévio dos participantes sobre o tema proposto.
02	Introdução a Física de Partículas	Analogia entre uma laranja e um átomo: Solicitar que os alunos arremessem uma laranja contra a parede, aumentando gradativamente a força aplicada no momento do lançamento para que observem sua estrutura interna.
03	Física e poesia	Leitura de poemas em pequenos grupos e socialização dos comentários.
04	Linha do tempo	Os alunos foram orientados a se organizarem em grupos, pesquisar e elaborar uma linha do tempo sobre os modelos atômicos.
05	Apresentação da Linha do tempo	Foi feita a apresentação por grupo de cada modelo atômico e a montagem da linha do tempo.
06	Ordem de Grandeza	Comparação entre ordens de grandeza através de visita orientada ao site

		<a href="http://htwins.net/scale2/lang.html">http://htwins.net/scale2/lang.html</a> e, em seguida, exibição do vídeo disponível em <a href="https://youtu.be/plJ7xiKtBFQ">https://youtu.be/plJ7xiKtBFQ</a> , que mostra comparações do micro ao macro e do macro ao micro.
07	Exibição e discussão do vídeo o “O Discreto Charme das Partículas Elementares	Exibição do vídeo produzido pela TV Cultura, disponível em <a href="https://www.youtube.com/watch?v=FAISMNkR_WM">https://www.youtube.com/watch?v=FAISMNkR_WM</a> e sequências. Os estudantes foram divididos em grupos e receberam diferentes conjuntos de questões relativas aos conceitos, fatos e dados relacionados no vídeo.
08	Socialização das respostas	Cada grupo apresentou suas possíveis respostas e a sala como um todo implementou um debate.
09	Visita virtual ao LHC	Realização de visita virtual orientada ao <a href="http://home.cern/about/updates/2015/06/visit-cern-sites-new-google-street-view">http://home.cern/about/updates/2015/06/visit-cern-sites-new-google-street-view</a> abordando cada experimento do CERN.
10	Construção do modelo Padrão	Em grupos, os alunos apresentaram painéis sobre o modelo padrão.
11	Exposição dialogada sobre partículas elementares	Finalizamos com uma exposição, sistematizando todos os conceitos estudados, intercalando os assuntos através de um <b>quiz</b> fazer a verificação do aprendizado.

No dia 22 de julho de 2015, ocorreu o primeiro encontro com a turma, no qual conversamos durante 50 minutos. O autor apresentou uma síntese do projeto, destacando os principais pontos: problemática, objetivos, recursos utilizados, atividades e tempo de realização. Em seguida, reforçamos que os alunos participantes do projeto teriam o anonimato garantido em todas as atividades propostas, em conformidade com as Normas de Ética em Pesquisa e que as mesmas serviriam como dados para a dissertação.

Destacamos, também, que os mesmos deveriam se comprometer e colaborar com o cronograma e as atividades propostas, em seguida, um questionário contendo onze questões sobre o tema partículas elementares e interações fundamentais (Anexo I e também disponível no Apêndice I – produto dessa dissertação), e passamos a denominá-lo pré-teste.

O Pré-Teste foi utilizado para verificar os conhecimentos prévios dos alunos. Ao final dos 50 minutos, todos os estudantes entregaram suas respostas. De acordo com o referencial teórico adotado, para todas as atividades, os sujeitos são os estudantes dessa turma. Para essa Atividade 1 (Quadro 1), o objeto é o levantamento das concepções prévias dos estudantes sobre o assunto de interesse, a ferramenta é um questionário estruturado múltipla escolha (Anexo I e Apêndice D), a divisão de trabalho foi individual

e a regra era a atribuição da nota segundo o critério de realização e não o usual critério de desempenho.

**Figura 14** – Estudantes efetuando da Atividade 01



Fonte: próprio autor

No dia 29 de julho de 2015, ocorreu o segundo encontro, logo depois de uma revisão sobre eletrostática, foi realizado um experimento no qual foi utilizada uma laranja em analogia a um átomo; em seguida, questionamos a turma como poderíamos saber o que tem dentro da laranja? Qual sua estrutura interna? Sempre lembrando aos alunos que a laranja representava o átomo, portanto, não poderíamos usar uma faca para cortá-la.

Após observar as possíveis sugestões propostas pelos alunos, como a do aluno A1: “Deveríamos amassar a laranja”, foi ressaltado que uma boa solução seria arremessar contra uma parede a laranja, pois assim, conseguiríamos ver sua estrutura e, nesse momento, solicitamos que os mesmos se dirigissem para a quadra da escola, onde foram arremessadas as laranjas contra a parede, obedecendo as seguintes instruções:

- Que o primeiro arremesso não deveria ser aplicado muita força.
- Após cada arremesso, foram feitas observações na laranja e destacou-se a estrutura interna que vai se apresentando, sempre relacionando com a estrutura atômica.
- Solicitamos que os arremessos fossem feitos com mais força até que fosse possível fazer uma análise mais completa da estrutura interna da laranja.

Os lançamentos foram realizados individualmente, segundo as regras expostas; as ferramentas eram as laranjas e o objeto era a determinação da estrutura interna. Discutimos o experimento com os alunos destacando que se fizéssemos uma comparação com os aceleradores de partículas, perceberíamos porque é necessário

trabalhar com altas energias e finalizamos esse encontro que teve duração de 50 minutos. As imagens da realização dessa atividade estão disponíveis no Apêndice I, de forma a ilustrar sua aplicação.

No terceiro encontro, dia 5 de agosto de 2015, todos os participantes estavam presentes na sala de aula. Inicialmente solicitamos que os mesmos se organizassem em grupos como mostra a Figura 03.

**Figura 15** – Realização da Atividade 03



Fonte: próprio autor

Nesta atividade, propusemos a leitura de poemas, extraídos de Lucchesi (2006), os quais se encontram no Anexo II e também no Apêndice I. Em seguida, os alunos compartilharam seus comentários, destaque para a fala de A2: *Não gosto de Física, mas gosto muito de literatura e não imaginava que esses poemas teriam Física*. A duração desta atividade foi de 50 minutos. Em concordância com o referencial teórico adotado, os objetos foram os diferentes modelos atômicos, a ferramenta consistiu nos poemas, a divisão de trabalho foi em grupo (pequenos grupos) e as regras eram a realização da leitura, a socialização das impressões e a identificação de ideias relacionadas a átomo. Na parte final do encontro, os alunos foram orientados a pesquisar e elaborar uma linha do tempo sobre os modelos atômicos (Atividade 3, Quadro I).

No quarto encontro, dia 12 de agosto de 2015, sob supervisão e colaboração do Prof. Dr. Igor Tavares Padilha, os grupos foram orientados que teriam vinte minutos para expor suas produções sobre os modelos atômicos identificados na leitura dos poemas e que colassem no quadro branco da sala, em ordem cronológica, o material produzido pelos mesmos e que as considerações finais seriam feitas após todos os

grupos se apresentarem. Essas orientações constituíam o conjunto de regras. Os objetos eram os mesmos do encontro anterior, as ferramentas eram os painéis elaborados pelos participantes e afixados e a divisão de trabalho foi em pequenos grupos, os mesmos do encontro anterior.

No quinto encontro, dia 19 de agosto de 2015, o tópico ordens de grandeza foi abordado através de visita orientada ao site <http://htwins.net/scale2/lang.html>. Em seguida, foi assistido o vídeo “Do Micro ao Macro” – disponível em <https://youtu.be/plJ7xiKtBFQ>, que mostra comparações do micro ao macro e do macro ao micro. Para essa sexta atividade do Quadro I, o objeto era a comparação entre diferentes ordens de grandeza.

As ferramentas foram, no primeiro momento, a sequência de imagens disponíveis no site visitado e no segundo momento o filme (ambos os conjuntos das imagens estão dispostas de forma ilustrativa no produto, Apêndice I). A divisão de trabalho foi a realização individual da totalidade da atividade e a regra era efetuar as comparações de forma orientada pelo professor.

No laboratório de informática, como mostra a Figura 04, os alunos foram orientados a digitar a página <http://htwins.net/scale2/lang.html> e seguir as instruções recebidas no roteiro dessa atividade, em anexo no Apêndice III. Essas instruções constituíram o conjunto de regras para a realização da atividade.

**Figura 16:** Atividade 06



Fonte: próprio autor

No sexto encontro, dia 26 de agosto de 2015, os participantes foram divididos em grupos e aos mesmos distribuídos questões relativas à física de partículas. Essas questões constam do Apêndice I e constituem o conjunto de regras particulares para cada objeto de interesse abordado no vídeo. Após a exibição do filme “O Discreto Charme das Partículas Elementares”, cuja duração é de quarenta e três minutos, conforme a Atividade 07, Quadro I, eles realizaram as discussões para posterior socialização com a classe toda. Cada grupo focou nos seguintes objetos:

- Grupo 1: Partículas elementares
- Grupo 2: Modelo Padrão
- Grupo 3: Forças que agem no Universo e seus mediadores
- Grupo 4: Partículas e antipartículas
- Grupo 5: LHC

A ferramenta era a exposição didática apresentada no vídeo; a divisão de trabalho foi em pequenos grupos.

No sétimo encontro, dia 02 de setembro de 2015, cada grupo apresentou suas respostas, as quais compõem parte dos resultados dessa dissertação. Cada grupo teve 15 minutos para expor suas respostas e solucionar possíveis questões ao longo das apresentações. No final fizemos um debate. A duração desta atividade foi de 100 minutos.

No oitavo encontro, dia 09 de setembro de 2015, foi realizada uma visita virtual orientada através do site do CERN<sup>13</sup>, com duração de 100 minutos. Essa atividade foi feita no laboratório de informática e corresponde à Atividade 9 do Quadro I. A divisão de trabalho foi individual, a ferramenta foi o site, o objeto consistia em conhecer os departamentos e experimentos do CERN e as regras, constituídas pelas orientações do professor, constam no Apêndice I.

A décima atividade do Quadro I teve como objeto o modelo padrão. A divisão de trabalho foi em pequenos grupos e as ferramentas eram painéis. Esses foram elaborados extraclasse pelos grupos e foram orientados a usarem como ponto de partida

---

<sup>13</sup> Disponível em: <http://home.cern/about/updates/2015/06/visit-cern-sites-new-google-street-view>

os pôsteres disponíveis em um sítio eletrônico<sup>14</sup>, os quais foram reproduzidos no Apêndice I. No nono encontro, dia 16 de setembro de 2015, sob supervisão e colaboração do Prof. Dr. Igor Tavares Padilha, os estudantes apresentaram seus respectivos painéis.

No décimo encontro, dia 23 de setembro de 2016, finalizamos com uma exposição dialogada, cuja duração foi de 100 minutos, sistematizando todos os conceitos estudados. O objeto foi a sistematização dos conhecimentos, as ferramentas utilizadas foram uma apresentação de slides, intercalada por um quiz que funcionava como verificação do aprendizado. A divisão do trabalho foi individual e a regra era a participação em forma de perguntas e respostas. Os slides foram agrupados e constam no Apêndice 1.

No próximo capítulo, apresentamos as produções dos estudantes.

---

<sup>14</sup> Disponível em: <http://professorandrebarbosa.blogspot.com.br/2012/08/particulas-fundamentais-e-interacoes.html>

## Capítulo 5

### DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

#### 5.1 Resultados do Questionário realizado no Encontro 01

Nossa análise, inspirados na pesquisa Pinheiro (2011), é pautada segundo quatro eixos:

- Conceito Geral – questão 1.
- Constituintes do átomo – questões 2, 3, 4,5 e 6.
- Concepções sobre ciências e epistemologia – questões 6,7e 8
- Específicas – questões 9,10 e 11.

A primeira questão traz um levantamento de uma ideia geral de átomo. Como se trata de um teste de múltipla escolha, a resposta considerada correta constava na letra D e como resposta esperada a letra B. O resultado encontrado evidencia, pelo fato de o aluno ainda associar a questão ao significado da palavra átomo e não ao conceito atual, que a maioria respondeu a letra B. O Quadro II apresenta a frequência das respostas.

**Quadro II:** Questão 1 e suas respostas.

Questão 1: O que é um átomo?	Número de respostas (N=32).
A) A menor porção de matéria que caracteriza um ser vivo.	01
B) Uma partícula indivisível formada de prótons, elétrons e nêutrons.	16
C) Uma partícula básica da matéria.	12
D) A menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico.	03
E) Não sei.	00

Fonte: próprio autor

A segunda questão tinha como resposta correta a letra B e como resposta esperada a letra A. Vale ressaltar que a alternativa apresentada como correta não exclui a esperada como resposta da maioria, uma vez que as alternativas são complementares. O resultado obtido mostra que a maioria dos alunos não tiveram acesso a informações mais abrangentes sobre os constituintes do átomo, uma vez que 30 dos 32 alunos assinalaram a letra A. Os resultados constam do Quadro III.

### Quadro III: Questão 2 e suas respostas

Questão 2: O que constitui os átomos?	Número de respostas (N=32).
A) Prótons, elétrons e nêutrons.	30
B) Léptons e quarks.	00
C) Partículas alfa e beta.	00
D) Partículas positivas e negativas.	01
E) Não sei.	01

Fonte: próprio autor

A questão 3 tinha como resposta correta a letra D e como resposta esperada a letra C. Podemos perceber que alguns alunos ainda associam o átomo ao significado da palavra, pois três assinalaram a letra A, um aluno respondeu a letra B e, como esperado, a maioria assinalou a letra C. Esses resultados estão dispostos no Quadro IV e corroboram a evidência de que não esses alunos não vivenciaram um estudo mais abrangente sobre o tema.

### Quadro IV: Questão 3 e suas respostas

Questão 3: O que são os prótons?	Número de respostas (N=32).
a) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.	03
b) Partículas elementares porque são indivisíveis.	01
c) Partículas elementares porque possuem carga elétrica +e.	22
d) Partículas constituídas por quarks.	05
e) Não sei.	01

Fonte: próprio autor

Da mesma maneira, a quarta questão tinha como resposta correta a letra A e como resposta esperada a letra B. Conforme o Quadro V, 21 alunos associam o elétron à sua carga, 03 alunos responderam corretamente, e outros, ainda, associam ao significado da palavra átomo.

### Quadro V: Questão 4 e suas respostas

Questão 4: O que são elétrons?	Número de respostas (N=32).
a) Partículas elementares porque são indivisíveis.	03
b) Partículas elementares porque possuem carga elétrica -e.	21
c) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.	03
d) Partículas elementares porque sua massa é muito pequena comparada com a do próton.	04
e) Não sei.	01

Fonte: próprio autor

Para a Questão 5 (resposta considerada correta letra D; resposta esperada letra B), o resultado mostra que 16 alunos associaram a sua resposta à carga do nêutron, 08 se mantiveram presos ao significado da palavra, como pode ser observado no Quadro VI. Vale destacar que três estudantes aparentemente já ouviram falar sobre os quarks.

**Quadro VI:** Questão 5 e suas respostas

Questão 5: O que são nêutrons?	Número de respostas (N=32).
a) Partículas elementares porque são indivisíveis.	03
b) Partículas elementares porque sua carga elétrica é zero.	16
c) Partículas elementares porque sua massa é	05
d) Partículas constituídas por quarks.	03
e) Não sei.	05

Fonte: próprio autor

A questão 6 tinha como resposta correta a letra A e como resposta esperada a letra B, e contrariando o que imaginávamos, em relação à sexta questão 26 alunos responderam corretamente (alternativa A), mostrando que entendiam que o estudo do átomo passou, historicamente, por uma evolução. Apenas um aluno respondeu a alternativa esperada (letra B) e um associou aos esquemas geralmente apresentados em livros para representar o átomo (letra D). Um panorama das respostas é apresentado no Quadro VII,

**Quadro VII:** Questão 6 e suas respostas

Questão 6: O que é um modelo atômico?	Número de respostas (N=32).
a) Uma representação, construída pelos cientistas, da estrutura dos átomos.	26
b) Um modelo tomado como referência para permitir cálculos matemáticos.	01
c) Um modelo pensado para átomos de pequeno número atômico.	00
d) Um modelo que pode ser pensado esquematicamente.	01
e) Não sei.	04

Fonte: próprio autor

Para a sétima questão 7 (alternativas consideradas correta e esperada, D e B, respectivamente), mais uma vez, a maioria dos alunos respondeu corretamente,

confirmando pela coerência que os mesmos têm uma ideia clara da evolução dos modelos atômicos, em conformidade com os resultados contabilizados no Quadro VIII.

**Quadro VIII:** Questão 7 e suas respostas

Questão 7: Como um modelo atômico é construído?	Número de respostas (N=32).
a) Por meio da imaginação dos cientistas.	00
b) Por meio de observações da natureza.	00
c) Por meio de observações experimentais.	04
d) Integrando-se dados experimentais e teorias que se ajustam.	25
e) Não sei.	03

Fonte: próprio autor

Na Questão 8, conforme o Quadro XIX, oito alunos responderam a alternativa considerada correta (letra D). Seis associaram a Rutherford e 05 a Bohr a autoria do modelo mais aceito na atualidade, provavelmente em função do que se encontra na maioria dos livros didáticos de Física e de Química.

**Quadro XIX:** Questão 8 e suas respostas

Questão 8: Qual é o modelo atômico mais aceito atualmente?	Número de respostas (N=32).
a) Rutherford.	06
b) Thomson.	02
c) Bohr.	05
d) Quântico.	08
e) Não sei.	11

Fonte: próprio autor

Para a nona questão, como pode ser notado no Quadro X, 21 alunos responderam corretamente reconhecendo o significado de elementar (alternativa considerada correta). O mesmo foi encontrado para as respostas à décima pergunta, contabilizadas no Quadro XI.

**Quadro X:** Questão 9 e suas respostas

Questão 9: O que é uma partícula elementar?	Número de respostas (N=32).
a) O mesmo que um átomo.	01
b) Um conjunto de prótons.	01
c) A menor porção de matéria conhecida.	21
d) Um conjunto de elétrons.	02
e) Não sei.	07

Fonte: próprio autor

**Quadro XI: Questão 10 e suas respostas**

Questão 10: Como são detectadas as partículas elementares?	Número de respostas (N=32).
a) Usando um microscópio.	02
b) Por meio de sua observação direta na natureza.	00
c) Por meio de observações indiretas com o auxílio de aceleradores de partículas, câmaras de bolhas, detectores de raios cósmicos, etc.	21
d) Com o uso de telescópios espaciais.	02
e) Não sei.	07

Fonte: próprio autor

Concretizando a previsão, para a Questão 11, 24 alunos assinalaram a alternativa C, sendo 19 os que assinalaram não saber o que era um quark, conforme pode ser visualizado no Quadro XII.

**Quadro XII: Questão 11 e suas respostas**

Questão 11: O que é um quark?	Número de respostas (N=32).
a) Uma partícula elementar que constitui a matéria.	06
b) Um átomo ionizado.	01
c) Uma característica das partículas elementares.	05
d) Um conjunto de prótons.	01
e) Não sei.	19

Fonte: próprio autor

Os resultados do pré-teste apontam para a pertinência da inserção do tema no Ensino Médio, seja como inovação curricular, seja para aprofundar os conteúdos usualmente já trabalhados, nesse caso, relativos à estrutura da matéria. Após analisarmos os resultados do pré-teste, passamos a aplicar as atividades detalhadas no capítulo anterior.

## **5.2. Apresentações dos Estudantes relativas às Atividades 04 e 05**

Conforme mencionado, no capítulo anterior, o quarto encontro ocorreu em 12 de agosto de 2015, sob supervisão e colaboração do Prof. Dr. Igor Tavares Padilha. Os grupos foram orientados que teriam 20 minutos para explicarem os modelos atômicos identificados na leitura dos poemas, após a fixação do material produzido que passamos a relatar.

Como pode ser observado na Figura 05, o Grupo 1 explicou aos demais as primeiras ideias sobre a constituição da matéria, destacando a estrutura básica da mesma desde o modelo de Leucipo e Demócrito até os de Pitágoras e Platão, a apresentação durou 15 minutos.

**Figura 17:** Apresentação do Grupo 1



Fonte: próprio autor

Na Figura 06, o grupo explica a teoria dos quatro elementos e faz uma associação aos sólidos regulares.

**Figura 18:** Apresentação do Grupo 1



Fonte: próprio autor

O Grupo 2 abordou o modelo atômico de Dalton, destacando as fragilidades do modelo dos quatro elementos, apresentado pelo Grupo 1. Sua apresentação durou 15

minutos. Na Figura 07, o grupo é mostrado destacando a importância de Robert Boyle ter rejeitado a teoria dos quatro elementos. A Figura 08 enfoca o momento que o grupo expõe o modelo de Dalton.

**Figura 19:** Apresentação do Grupo 2



Fonte: próprio autor

**Figura 20:** Apresentação do grupo 2



Fonte: próprio autor

O Grupo 3 apresentou o modelo atômico de Thomson, utilizando uma luva para representar esse modelo, como registrado na Figura 09. Exploraram as suposições de *Sir* William Crookes sobre as evidências de que uma forma de radiação consistia de partículas com carga elétrica negativa e, assim, desenvolveram o modelo proposto por Thomson, sua apresentação durou 15 minutos.

**Figura 21:** Apresentação do Grupo 3



Fonte: próprio autor

Na Figura 10, um dos integrantes do grupo destaca a observação de radiação emanada do catodo de um tubo, no qual uma descarga elétrica passava através de um gás, observada por Crookes no final do século XIX.

**Figura 22:** Apresentação do Grupo 3



Fonte: próprio autor

O Grupo 4 apresentou o modelo atômico de Rutherford. A Figura 11 mostra o momento em que o grupo apresenta as diferenças entre o modelo atômico de Thomson e o de Rutherford.

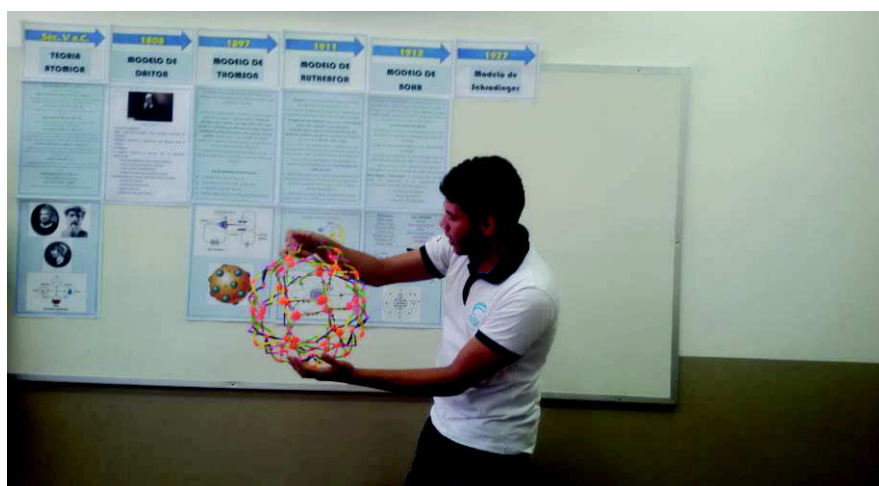
**Figura 23:** Apresentação do Grupo 4



Fonte: próprio autor

A Figura 12 destaca a utilização de um modelo didático para representar o modelo atômico de Rutherford.

**Figura 24:** Apresentação do Grupo 4



Fonte: próprio autor

Na Figura 13, o grupo demonstra a instabilidade do modelo atômico de Rutherford.

**Figura 25:** Apresentação do Grupo 4



Fonte: próprio autor

O Grupo 5 abordou o modelo atômico de Bohr, destacando para a turma sobre, por exemplo, se o elétron possui carga negativa, girando ao redor do núcleo, que é positivo, ele iria perder energia na forma de radiação. Com isso, suas órbitas deveriam diminuir gradativamente e os elétrons adquiririam um movimento espiralado, acabando por colapsar no núcleo. Em seguida, os estudantes explicaram como o modelo proposto por Bohr aprimorou o modelo proposto por Rutherford.

O grupo levou 15 minutos para fazer sua apresentação, a Figura 14 é um registro da exposição de que no modelo de Bohr, um elétron só pode se mover em órbitas bem determinadas, girando em órbitas circulares, em torno do núcleo, obedecendo às leis da mecânica clássica.

**Figura 26:** Apresentação do Grupo 5



Fonte: próprio autor

Na Figura 15, o grupo destaca: para que o elétron não fosse confinado no núcleo, Bohr e Rutherford sugeriram a existência de “prótons sem carga”, que chamaram de nêutrons, eliminando assim a presença indesejável de elétrons no núcleo. Essas partículas só foram descobertas em 1932, pelo físico inglês James Chadwick.

**Figura 27:** Apresentação do Grupo 5



Fonte: próprio autor

O sexto grupo 6 explicou o modelo atômico de Schrödinger, destacando as limitações e inconsistências do modelo atômico de Bohr, através do experimento mental conhecido como o Gato de Schrödinger. Essa discussão foi registrada nas Figuras 16 e 17. O grupo levou 20 minutos em sua apresentação.

**Figura 28-** Apresentação do Grupo 6



Fonte: próprio autor

**Figura 29** - Apresentação do grupo 6



Fonte: próprio autor

Após a exposição de todos os grupos, foi aberta uma discussão para que toda a turma pudesse tirar suas dúvidas, em relação aos modelos atômicos apresentados. Nesse momento, o aluno que fosse fazer algum questionamento deveria dizer a qual grupo ele gostaria de direcionar sua pergunta. Após esse momento, os professores presentes fizeram as considerações finais e parabenizaram os grupos pelos trabalhos expostos.

### **5.3 Discussão da atividade posterior à exibição do filme O Discreto Charme das Partículas Elementares – Atividade 8**

Após analisar os resultados do pré-teste ficou claro que era necessário à utilização de recursos diferenciados para atingirmos os objetivos no que se refere aos constituintes do átomo. A utilização do filme O Discreto Charme das Partículas Elementares fomentou a elaboração das respostas às questões disponibilizadas grupo a grupo, constantes no Apêndice I e que passamos a apresentar as elaborações dos estudantes na sequência.

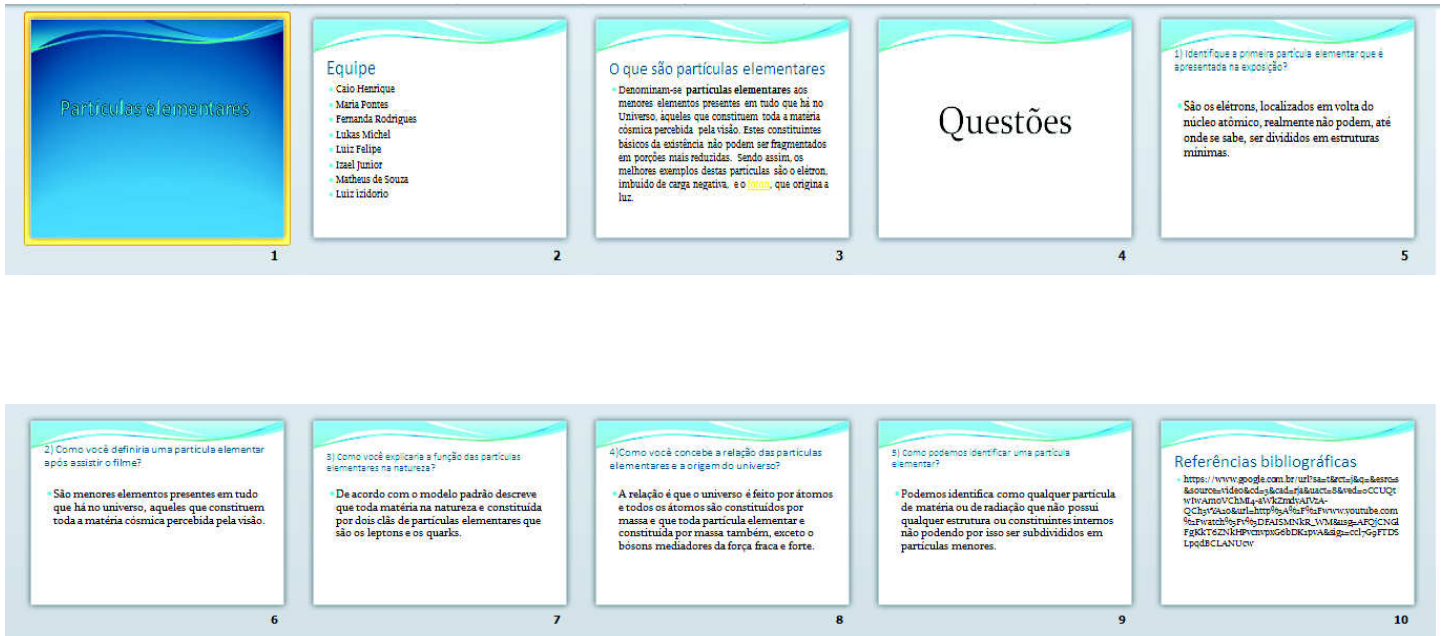
- Grupo 1: Partículas elementares

O Grupo ficou de analisar e responder as seguintes perguntas em relação ao filme:

1. Identifique a primeira partícula elementar que é apresentada na exposição?
2. Como você definiria uma partícula elementar após assistir o filme?
3. Como você explicaria a função das partículas elementares na natureza?
4. Como você concebe a relação das partículas elementares e a origem do universo?
5. Como podemos identificar uma partícula elementar?

O grupo utilizou slides para fazer sua apresentação, os quais encontram-se na Figura 18:

**Figura 30:** Apresentação de Slides utilizada



Fonte: próprio autor

Este grupo, como pode ser observado na Figura 18, num primeiro momento, definiu o que são partículas elementares e identificou a primeira partícula apresentada pelo filme como sendo os elétrons, além de destacarem a função das partículas elementares na natureza e mostraram que elas eram divididas em léptons e quarks. Em seguida, a tentativa de associar ao *Big Bang*, a origem do universo, como segue no filme, não foi bem-sucedida. Finalizaram mostrando como identificar uma partícula elementar.

- Grupo 2: Modelo Padrão

O Grupo 2 analisou e respondeu as seguintes perguntas:

1. O que é o Modelo Padrão?
2. Quais as famílias de partículas que fazem parte do Modelo Padrão?
3. Prótons e nêutrons são partículas elementares? Por quê?
4. Quantos tipos de quarks existem? Justifique-os?
5. E o elétron, qual o seu papel no Modelo Padrão?

6. Quantos tipos de léptons existem? Justifique-os?
7. O que é o fóton? Qual o seu papel no Modelo Padrão?

O grupo discutiu as questões sugeridas com a turma, definiram o que é o modelo padrão, como este estava dividido, apresentando as famílias de partículas e justificou que prótons e nêutrons eram constituídos por quarks. Em seguida, os estudantes destacaram o papel do elétron no modelo padrão como sendo uma partícula elementar e comentaram que o fóton era uma partícula mediadora. Esse grupo não elaborou slides, apresentando as respostas oralmente. Essa síntese foi elaborada tendo em conta o diário de bordo do professor.

- Grupo 3: Forças que agem no Universo e seus mediadores

Para esse grupo, as perguntas eram:

1. Quais são as forças que agem no Universo? Caracterize-as?
2. Quais são os bósons mediadores de cada interação fundamental?
3. O que é bóson de Higgs? Qual a hipótese dos cientistas sobre ele?
4. Se cargas de mesmo sinal se repelem, como os cientistas explicam que o núcleo atômico (formado por prótons e nêutrons) não se desintegre?

O grupo definiu e caracterizou, oralmente, as forças que agem no universo e seus respectivos mediadores, destacando a descoberta do bóson de Higgs, que na época em que o filme foi gravado, ainda não havia ocorrido, e finalizou explicando como os prótons e nêutrons não se desintegravam. Como para o grupo anterior, o relato das falas foi obtido considerando o diário de bordo do professor.

- Grupo 4: Partículas e antipartículas

Os estudantes receberam as seguintes questões:

1. O que é antimatéria? Qual a sua relação com as antipartículas?
2. O que é simetria? Como podemos reconhecer seu papel no Modelo Padrão?
3. As leis do mundo macroscópico e microscópico são as mesmas?
4. Por que a pesquisa científica é importante para a humanidade?
5. Cite algumas aplicações tecnológicas de pesquisas científicas que você

habitualmente usa. Tente pensar como seria seu dia sem esses equipamentos?

O grupo fez a exposição de suas questões em slides e explicaram que como o nome sugere, a antimatéria é o oposto da matéria. Antipartículas e partículas possuem a mesma massa, mas suas cargas elétricas e suas propriedades de spin são invertidas. “*Se tivermos, por exemplo, um elétron de massa  $m$  e carga  $-e$ , um pósitron terá massa  $m$  e carga  $e$* ”, relatou o aluno A5. Os estudantes continuaram a explicação colocando que logo depois do *Big Bang*, o universo era energia pura. Boa parte dessa energia se transformou em matéria – *por isso você está aqui*, afirmou o aluno A5. Enfatizaram que:

“se a explosão que deu origem ao universo tivesse produzido quantidades iguais de matéria e antimatéria, não haveria ninguém aqui. É que partículas e antipartículas se aniquilam quando entram em contato. O que era matéria e antimatéria vira energia de novo. Não sobraria próton nenhum para contar história. Nunca teria nascido uma estrela (ou planeta ou pessoa) sequer”.<sup>15</sup>

Em seguida, comentaram que o conceito de simetria é muito utilizado em Física desde seus primórdios. Sem tal conceito, certamente não teríamos avançado tanto quanto avançamos no desenvolvimento da ciência em geral.

O exemplo mais simples para se entender tal conceito é: uma esfera sem nenhum desenho na superfície. Olhando de qualquer direção, de qualquer ângulo, ou em qualquer parte da esfera, veremos sempre as mesmas características deste objeto. Por isso dizemos que uma bola possui uma simetria perfeita, ou simetria esférica.

Destacaram que um elemento importante no Modelo-Padrão é o de quebra de simetria, ou seja, as equações que descrevem a teoria podem ser invariantes por uma dada transformação, enquanto que a solução de mínima energia não o é. Apesar de estranho, este fenômeno ocorre na Física Clássica. Por exemplo, consideremos uma vareta flexível cilíndrica colocada na posição vertical. Este sistema claramente exibe uma simetria de rotação ao redor da direção vertical.

Quando uma força vertical age no extremo da vareta, esta, inicialmente, apenas se comprime continuando a exibir esta simetria. Todavia, quando a força é maior que um valor crítico, a barra fica curvada, aparentemente, quebrando a simetria de rotação em torno do eixo vertical.

---

<sup>15</sup> Síntese dos dizeres dos estudantes durante a apresentação.

Finalizaram sua resposta dizendo que a quebra de simetria é apenas aparente, pois existem várias configurações possíveis com a mesma energia, as quais podem ser obtidas rodando a configuração inicial, ou seja, os estados do sistema não exibem a simetria explicitamente.

Com relação ao Item 4, o grupo respondeu de forma coerente que “não”, e justificaram que é exatamente por isso que existe a Mecânica Quântica, pois a teoria clássica de Newton só consegue explicar os efeitos macroscópicos, a exemplo do Princípio da Incerteza de Heisenberg. Apesar de uma exposição confusa, permitiu perceber que o objetivo era fazer uma comparação entre uma lei que funciona de forma aceitável no mundo macro, mas no mundo micro já não se justifica.

Por fim, o grupo respondeu ao Item 5, afirmando que:

*A pesquisa científica nos ajuda a entender o mundo que nos rodeia. Ela ajuda as pessoas a entenderem como as coisas funcionam e porque determinadas coisas parecem ou se comportam de certa forma. Além de satisfazer a curiosidade, ela também pode ajudar a salvar ou prolongar a vida humana. A pesquisa científica contribui para que possamos conhecer como nosso corpo funciona. Aprender sobre alimentos e hábitos alimentares, prevenção e tratamento de doenças e segurança. Ela também leva a invenções que nos trazem comodidade.<sup>16</sup>*

A Figura 19 sintetiza os slides produzidos por este grupo:

**Figura 31:** Apresentação de Slides utilizada



Fonte: próprio autor

<sup>16</sup> Resposta dos alunos para o questionário.

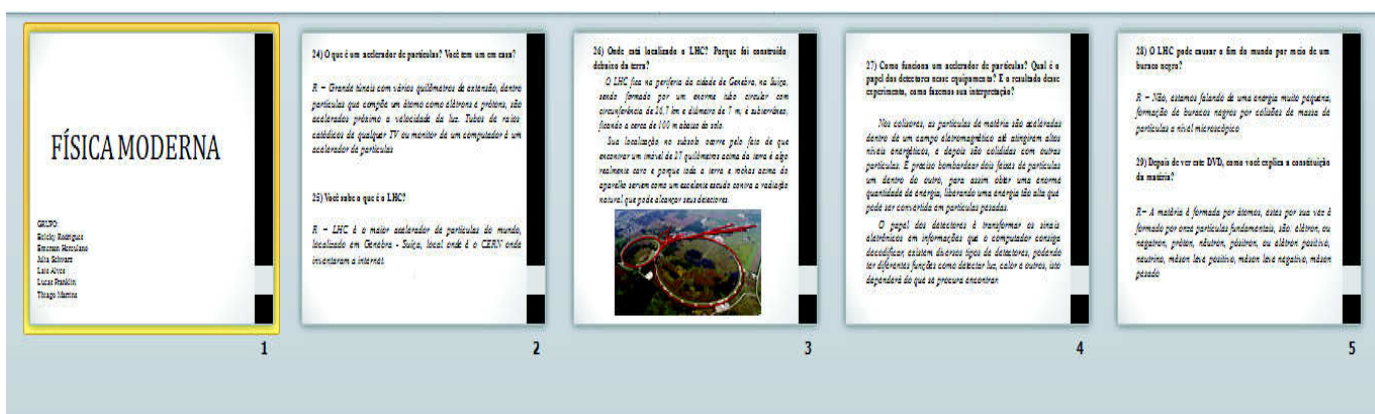
- Grupo 5: LHC

O Grupo ficou de analisar e responder às seguintes perguntas:

1. O que é um acelerador de partículas? Você tem um em casa?
2. Onde está localizado o LHC? Por que ele foi construído debaixo da terra?
3. Como funciona um acelerador de partículas? Qual é o papel dos detectores nesse equipamento? E o resultado desse experimento, como fazemos sua interpretação?
4. O LHC pode causar o fim do mundo por meio de um buraco negro?

Este grupo explicou que os aceleradores de partículas são grandes túneis, com vários quilômetros de extensão, no qual partículas que compõe um átomo como elétrons e prótons são aceleradas próximos à velocidade da luz. A Figura 20 agrega os slides produzidos pelo grupo.

**Figura 32:** Apresentação de Slides utilizada



Fonte: próprio autor

Ressaltaram, ainda, que tubos de raios catódicos de qualquer TV ou monitor analógico de um computador, são aceleradores de partículas.

Após as apresentações, foi disponibilizado um intervalo de tempo para trocas de comentários e questões, com o auxílio do professor.

## 5.5 Discussão da atividade Construção do Modelo Padrão

Nesta atividade, conforme detalhado no capítulo anterior, os alunos produziram pôsteres que representavam o modelo padrão de partículas, inspirados nos exemplos que

se encontram disponíveis no produto deste trabalho, Apêndice I sob o título “ De uma Laranja ao Universo de Partículas”. Depois de todas as equipes analisarem os pôsteres, construíram seus próprios materiais, como os exemplos mostrados na Figura 21.

**Figura 33:** Dois pôsteres produzidos pelos alunos



Fonte: Próprio autor

Quando os estudantes foram solicitados a produzirem suas próprias apresentações, o esforço em pesquisa aparenta ser mais representativo. Além disso, verbalizar as explicações contribui para que os mesmos ampliem o processo de internalização das mesmas.

A participação ativa exigida nas apresentações e consequentes discussões, oportunizam um clima de cooperação em sala de aula. O professor media as discussões, mas, também, é entendido como integrante da comunidade de sujeitos – ele oportuniza as aprendizagens na zona de desenvolvimento proximal.

A sistematização proposta como a última atividade do Apêndice I, representa um momento privilegiado de interação professor/estudantes, uma vez que a realização das questões do quiz oportunizaram um reforço para a compreensão dos conceitos, de forma lúdica.

## Considerações Finais

As evidências constatadas nesse trabalho apontam que é de fundamental importância inserir a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, enquanto inovação curricular, em particular a Física das Partículas, pela relevância e atualidade do tema e sua constante divulgação na mídia.

Nossa abordagem primou pelos principais aspectos da Física das Partículas e Modelo Padrão, procurando mostrar a evolução dos modelos atômicos, desde o pensamento grego de indivisibilidade até os dias atuais com a descoberta de novas partículas. Mais do que a inserção de temas atuais, faz-se necessária uma escolha metodológica apropriada, tendo por princípio a participação ativa do estudante, uma vez que o conceito é codificado pela palavra e o pensamento conceitual não existe sem o pensamento verbal.

Nesta perspectiva, as atividades aqui propostas para despertar o interesse e a motivação por parte dos alunos acabaram nos proporcionando uma necessidade de aprofundar nosso conhecimento sobre estratégias de ensino. A escolha do referencial teórico nos levou a reflexão que a apropriação das diferentes atividades práticas simbólicas são, no primeiro momento compartilhadas no âmbito social, para depois ser transformarem em modos de ação próprios dos sujeitos evidenciando a ocorrência de um processo de internalização.

A cada encontro, nossa missão de desenvolver atividades pertinentes era colocada à prova, visto que, precisávamos manter uma linha dinâmica, mantendo o papel de mediador e procurar conduzir as atividades de forma a fazer com que os alunos fossem o principal agente no desenvolvimento das mesmas.

Ao longo das atividades fomos percebendo que era necessário realinhar as ideias iniciais, pois a escolha metodológica requer uma mudança de postura do professor em relação ao seu próprio domínio de conteúdo. Segundo Gil-Pérez e Carvalho,

[...] uma falta de conhecimentos científicos constitui a principal dificuldade para que os professores afetados se envolvam em atividades inovadoras. Todos os trabalhos investigativos existentes mostram a gravidade de uma carência de conhecimentos da matéria, o que transforma o professor em um transmissor mecânico dos conteúdos do livro de texto.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P. Formação de Professores de Ciências. Ed. Cortez, 2006.p. 21.

Entendemos que a presença dessa transmissão mecânica é diagnóstica; a formação docente deveria ocorrer ao longo da vida, de modo a adquirir/atualizar conhecimentos. O produto deste trabalho resulta também destas reflexões e mudanças de postura; dentre elas, a compreensão de que é preciso conhecer mais. E que esta aquisição de novos conhecimentos deve ser constante. Carvalho e Gil-Pérez (2006, p. 22) reúnem significados para o que seja “conhecer a matéria a ser ensinada”. As atribuições levantadas apontadas agregam a compreensão de como surgiram (e surgem) os conhecimentos científicos, do contexto em que estão inseridos, como se desenvolvem, as repercussões socioculturais que causaram, qual o estado da arte desta ciência.

Mobiliza, assim, a capacidade de selecionar e apresentar conteúdos de forma compreensível ao aluno e que permita a este construir noções epistemologicamente corretas sobre a Ciência:

Conhecer os problemas que originaram a construção dos conhecimentos científicos [...] as dificuldades e obstáculos epistemológicos.

Conhecer [...] a forma como os cientistas abordam os problemas, as características mais notáveis de sua atividade, critérios de validação e aceitação das teorias científicas.

Conhecer as interações Ciência/Tecnologia/Sociedade associadas à referida construção, sem ignorar o caráter do papel social da Ciência; a tomada de decisão.

Ter conhecimento dos desenvolvimentos científicos recentes para transmitir uma visão dinâmica das ciências. Adquirir conhecimentos de outras matérias relacionadas, para poder abordar problemas afins.

Saber selecionar conteúdos adequados que deem uma visão correta da ciência e que sejam acessíveis aos alunos e suscetíveis de interesse.

Estar preparado para aprofundar os conhecimentos e para adquirir outros novos.<sup>18</sup>

Conhecer a matéria a ser ensinada, considerando estes fatores, significa ter conhecimento não apenas do conteúdo disciplinar, sua lógica inerente e suas aplicações, mas, de outros fatores associados àquilo que se ensina. Estes fatores ampliam o sentido tanto de ensinar quanto de aprender, pois, devemos ter em mente que o ensino de forma geral é um processo em construção. Exemplo disso, é que tínhamos em mente fazer uma videoconferência com a participação de um físico do CERN, uma vez que a mesma

---

<sup>18</sup> *Idem.* p. 22.

disponibiliza esse tipo de atividade. Infelizmente, o acesso da internet da escola não permitiu a concretização da mesma. Substituímos pela visita virtual usando o Google Street®, Atividade 07.

Mesmo participando da escola de física CERN, nossa pesquisa nos mostrou a necessidade de aprofundamento do tema em estudo, o que foi implementado utilizando livros-texto de graduação (CARUSO e OGURI, 2006 e TIPLER e LLEWELLYN, 2001), assim como a leitura dos livros paradidáticos citados no Capítulo 3.

Enfim, o produto dessa dissertação consiste de uma proposta de sequência didática, detalhando um conjunto de atividades apoiadas nas teorias de Vygotsky, cuja finalidade é proporcionar ao professor um instrumento que o auxilie a trabalhar esse tema com seus alunos de forma interativa e motivadora.

## REFERÊNCIAS

- ABDALLA, Maria C. B. **O discreto charme das partículas elementares**. São Paulo: Editora da Unesp. 2006.
- ALVES, Gilvan. Et al. **O mundo das partículas de hoje e de ontem**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2012.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio**. 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 20/04/2015.
- CARUSO, Francisco. OGURI, Vitor. SANTORO, Alberto. **O que são quarks, glúons, bóson de Higgs, buracos negros e outras coisas estranhas**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2012.
- CARUSO, Francisco. SANTOS, Alberto. **Do átomo grego à Física das Interações Fundamentais**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2012.
- CARUSO, F.; OGURI, V. **Física Moderna – origens clássicas e fundamentos quânticos**. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2006.
- ENGESTROM, Yrjo. LEARNING BY EXPANDING AN ACTIVITY- THEORETICAL APPROACH TO DEVELOPMENTAL RESEARCH (1987). Helsinki: Orienta-Konsultit. Disponível em <http://lhc.ucsd.edu/mca/Paper/Engestrom/Learning-by-Expanding.pdf>
- GARCIA, Nilson M. D. **Nós, professores brasileiros de Física do Ensino Médio, estivemos no CERN**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2015.
- GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P. **Formação de Professores de Ciências**. Ed. Cortez, 2006.
- GILMORE, Robert. **Alice no País do Quantum**. Rio de Janeiro: Zahar Editores. 1998.
- KANE, G. **Scientific American** 288(6), 56 (2003).
- Leontiev, Actividad, conciencia y personalidad. Buenos Aires: Ciencias del Hombre, 1978
- LUCCI, Marcos Antonio. **A proposta de Vygotsky: a psicologia sócio histórica**. In: Revista de currículum y formación del profesorado, 10, 2 (2006). Disponível em: <<http://www.ugr.es/~recfpro/rev102COL2port.pdf>>.
- MARTINS, Jader B. **A história do átomo de Demócrito aos Quarks**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna. 2002.
- MOREIRA, Marco Antonio. **A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área (Vergnaud's conceptual field theory, science education, and research in this area)**. *Investigações em Ensino de ciências*, v. 7, n. 1, p. 7-29, 2002.
- MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.
- MOREIRA, Marco Antonio. **Metodologias de pesquisa em ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

OLIVEIRA, Marta Kohl de. *Vigotsky: aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-histórico*. São Paulo: Scipione, 1993.

OSTERMANN F. E M.A. MOREIRA. **Anais do VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Florianópolis, 2000.

PCN+ Ensino Médio Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. (sd/).

PALINSAR, A. Brwn, A. e Campione, J (1993). "First-Grade Dialogues for Knowledge Acquisition and Use". In Ellice A. Forman, Norris Minick e C. Addison Stone (ed), *Contexts For Learning* (pp.43-57) New York: Oxford University Press.

PIRES, Antônio S. T. CARVALHO, Regina P. **Por dentro do átomo – Física de Partículas para Leigos**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2014.

PRÄSS, Alberto Ricardo. **Teorias de aprendizagem**. Monografia de pós-graduação, 2012.

REGO, Teresa Cristina. *Vigotsky: Uma perspectiva histórico-cultural da educação*. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1996.

REZENDE JUNIOR, Mikael Frank. **O Processo de Conceptualização em Situações Diferenciadas na Formação Inicial de Professores de Física**. (Tese de Doutorado, UFSC, 2006). Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/88629/232014.pdf?sequence=1>> Acesso em 20/04/2015.

ROSENFELD, Rogério. *O cerne da Matéria*. São Paulo: Companhia da Letra. 2013.

SACRISTÁN, J.Gimeno. GOMEZ, A.L.Pérez. **Comprender e transformar o ensino**. Tradução: Ernani, F. da Fonseca Rosa-4ªed.-Artmedm 1998.

TAVARES, Odilon A. P. **Descobrimdo o Núcleo Atômico**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2012.

TIPLER, P.A.; LLEWELLYN,R.A. **Física Moderna**. Ed LTC, 3ª edição 2001.

TV CULTURA. O discreto charme das partículas elementares. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=FAISMNkR\\_WM](https://www.youtube.com/watch?v=FAISMNkR_WM)>. Acesso em 24/05/2015.

VERGNAUD, Gérard. **La Teoria de los Campos Conceptuales**. 1990. Disponível em: <[http://www.fundesuperior.org/Articulos/Pedagogia/Teoria\\_campos\\_conceptuales.pdf](http://www.fundesuperior.org/Articulos/Pedagogia/Teoria_campos_conceptuales.pdf)>. Acesso em: 20/04/2015.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. Tradução de Jeferson Luiz de Carvalho. São Paulo: Martins Fontes, 1995.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. Rio de Janeiro: Martins Fontes, 1996.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. Rio de Janeiro: Martins Fontes, 1998.

ZAMBONI, Cibele B. **Fundamentos da Física de Nêutrons**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2007.

**APÊNDICE I – Produto da dissertação de mestrado**

**Guia Didático para Uso do Professor**



## **De uma Laranja ao Universo das Partículas**

**HUDSON BATISTA DA SILVA**

Material instrucional associado à dissertação de mestrado do autor, figurando como Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação Polo 4 IFAM/UFAM no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadores:

**Prof. Dr. Igor Tavares Padilha**

**Prof.<sup>a</sup> Dra. Débora Coimbra**

**Manaus-AM  
Agosto de 2016**

**De uma laranja ao  
universo das partículas**

**Hudson Batista da Silva**



## SUMÁRIO

1. AO PROFESSOR: PRIMEIRAS PALAVRAS.....	p. 04
2. LIVROS PARADIDÁTICOS.....	p. 07
a. Alice no país do Quantum .....	p. 07
b. O discreto Charme das Partículas Elementares.....	p. 08
c. Por dentro do átomo.....	p. 09
d. A história do átomo de Demócrito aos quarks.....	p. 10
e. O que são quarks, glúons, bóson de Higgs, buracos negros e outras coisas estranhas.....	p. 10
f. O cerne da matéria.....	p. 11
g. Fundamentos da Física de Nêutrons.....	p. 12
h. Nós, professores brasileiros de Física dos Ensino Médio, estivemos no CERN.....	p. 13
i. Descobrimo o Núcleo Atômico.....	p. 14
j. O mundo das partículas de hoje e de ontem.....	p. 15
k. Do átomo grego à Física das interações fundamentais.....	p. 16
3. CONTEÚDO CIENTÍFICO ABORDADO.....	p. 17
4. UM BREVE HISTÓRICO SOBRE FÍSICA DAS PARTÍCULAS.....	p. 17
a. Teoria Atomista.....	p. 18
b. Modelo Atômico de Dalton.....	p. 19
c. Modelo Atômico de Thomson.....	p. 20
d. Modelo Atômico de Rutherford.....	p. 20
e. Modelo Atômico de Bohr.....	p. 21
f. Partículas Elementares.....	p. 22
g. Tipos de Interações.....	p. 24
h. Últimos Avanços no entendimento das Partículas Elementares.....	p. 25
5. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES PLANEJADAS.....	p. 27
a. Roteiro das atividades 01.....	p.27
i. Descrição geral de atividades 01.....	p. 27
ii. O que o aluno poderá aprender com esta aula?.....	p. 27
iii. Recursos utilizados.....	p. 27
iv. Avaliação.....	p. 27
v. Questionário sobre Partículas Elementares e suas interações fundamentais.....	p. 28
b. Roteiro das atividades 02.....	p. 31
i. Descrição geral de atividades 02.....	p. 31
ii. O que o aluno poderá aprender com esta aula?.....	p. 34
iii. Recursos utilizados.....	p. 34
iv. Avaliação.....	p. 34
c. Roteiro das atividades 03.....	p. 35
d. Roteiro das atividades 04.....	p. 37
e. Roteiro das atividades 05.....	p. 37
f. Roteiro das atividades 06.....	p. 46
g. Roteiro das atividades 07.....	p. 48
h. Roteiro das atividades 08.....	p. 52
6. BIBLIOGRAFIA.....	p. 56

## **Ao Professor: primeiras palavras**

Caro professor, esse material é o produto final da minha pesquisa de dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, realizada junto ao polo 4 UFAM/IFAM na cidade de Manaus – AM.

Na minha trajetória de docência deparei-me frequentemente com uma angústia em fazer algo diferenciado, na difícil missão de ensinar uma disciplina preestabelecida, extremamente complexa e sem grandes atrativos que justificassem o esforço demandado.

Nesse contexto, fui gradativamente inserindo na minha prática a preocupação de porquê aprender as equações? Onde aplicá-las?; no intuito de desmistificar o fato de que boa parte dos problemas no aprendizado da Física, localiza-se no domínio da Matemática e passando uma visão de que aprender esta, particularmente o raciocínio matemático, é diferente de aprender a aplicá-la a situações de interesse físico.

Percebi, no ano de 2012, uma crescente curiosidade por parte de meus alunos em temas relacionados à Física Moderna, em consequência da divulgação na mídia da comprovação experimental, em julho, da existência do bóson de Higgs, que foi difundido pela imprensa como “A Partícula de Deus”, o que apesar incorreto, fez muito alarde, chamando, inclusive, a minha atenção.

O presente trabalho é motivado por reflexões sobre a introdução da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM), uma vez que o ensino de física nesse nível não tem subsidiado apropriadamente discussões sobre os avanços tecnológicos ocorridos nas duas últimas décadas, em discordância às recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Nesse sentido, acredito que, o fato da inserção de temas mais atuais no ensino de Física ser incipiente, tem provocado um afastamento do aluno à compreensão do mundo em que vive e, ainda, grande parte de seu desinteresse. Em outras palavras, os estudantes ouvem falar em temas como buracos negros e o *Big Bang* na televisão, na internet ou em filmes de ficção científica, mas, raramente nas aulas de Física.

Esta proposta de sequência didática focaliza, especificamente, a Física das Partículas. Alguns fatores influenciaram a essa escolha, como tema gerador: primeiramente, por ter participado da escola de física CERN, que em sua tradução é a

Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear, e perceber que esta possui um programa de suporte muito interessante para ser utilizado em sala de aula; um segundo aspecto era a possibilidade de vincular o ensino desse tema a questões mais básicas da Física, como aos conceitos de massa e de carga e aos modelos de estrutura da matéria, abordando o histórico do desenvolvimento destes. Isso permitiu fazer uma transição entre a Física Clássica e a Física Moderna, numa perspectiva epistemológica.

Nesse material de apoio, elaborado para professores que ministram aulas no Ensino Médio, você encontra uma seleção de materiais instrutivos e lúdicos, voltados para o ensino de Física das Partículas, contemplando sugestões de vídeos e de livros sobre o tema, textos de apoio, roteiros de atividades, testes diagnósticos e avaliações.

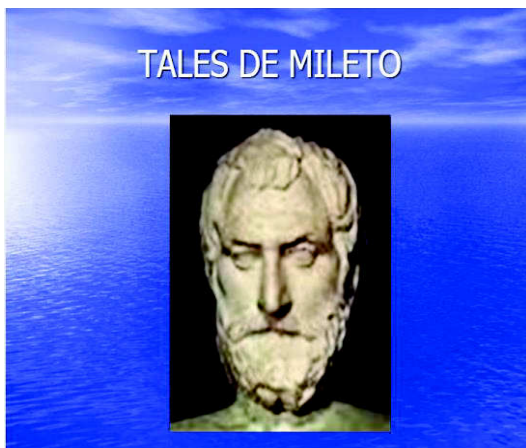
Sinta-se à vontade para fazer as adaptações que considerar necessárias, tendo em vista a realidade particular do seu ambiente de trabalho.

## Conteúdo científico abordado

Nessa seção procurei fazer um breve resumo dos conteúdos aqui explorados, numa perspectiva histórica, o que considero de fundamental importância.

### 2.1. Um Breve Histórico Sobre Física das partículas

Entender a estrutura da matéria sempre foi motivo de curiosidade tanto para filósofos, quanto para cientistas. A busca por esse entendimento vem desde o início das civilizações e até hoje não encontramos respostas definidas.



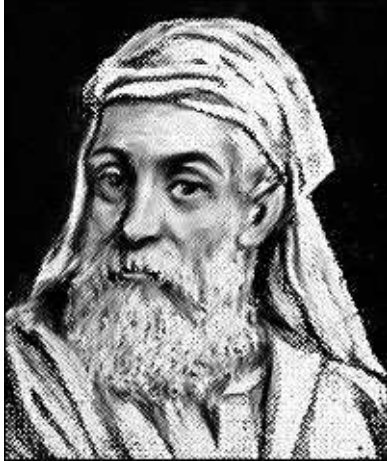
Muitas foram as hipóteses apresentadas pelos filósofos da antiguidade e muitas foram as respostas, podemos enunciar algumas dessas hipóteses, para Tales de Mileto<sup>19</sup>, que nasceu no ano de 640 a.C. e morreu em 550

a.C.

Para ele, o elemento fundamental constituinte da matéria seria a água: “tudo se compõe de água e tudo em água se dissolve”.

- A alma de Tales é a água, pois todas as coisas possuem umidade.
- A água, portanto, se constitui como o princípio originador de todas as coisas.
- Tal noção esclarece que pela primeira vez alguém pensou a unidade do universo, sem a influência religiosa.
- A terra flutua sobre a água.
- A resposta sobre o princípio supremo de todas as coisas foi então alcançada pelos sentidos, pela experiência.

<sup>19</sup> Imagens da apresentação utilizando o PowerPoint, elaborado pelo professor. Na primeira figura, busto de Tales de Mileto e na segunda imagem, algumas de suas ideias.



Para Empédocles<sup>20</sup>, no ano 484 a.C. a matéria era constituída dos quatro elementos da natureza: água, ar, fogo e terra. Em comum, essas hipóteses defendiam a conservação e indestrutibilidade da matéria.



Aristóteles aceitava a teoria dos quatro elementos, porém assim como Platão, acrescentava um quinto elemento o éter.

Apesar dos gregos terem utilizado a palavra “átomo”, que quer dizer indivisível, para designar a menor partícula que se poderia obter ao subdividir um pedaço de matéria, hoje se compreende que o átomo é constituído de partículas ainda menores.

**Demócrito e Leucipo (Sec. V a.c.)**

defendeu a ideia de que a matéria era composta por pequeníssimas partículas.



**Átomo**(vem do grego "indivisível")



**Demócrito**  
(460 – 370 A.C.)

Modelo baseado apenas na intuição e na lógica.

## 2.2. Teoria atomista

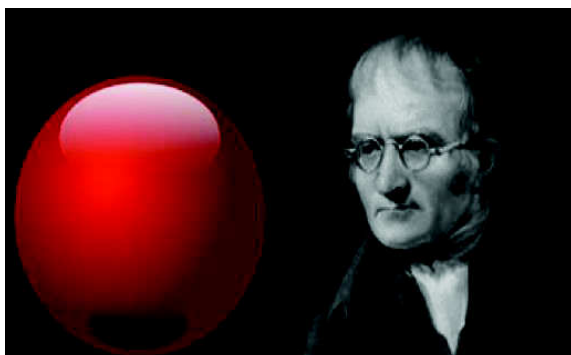
Essa teoria possibilitou aos seus idealizadores, Leucipo e Demócrito, a procurarem uma explicação para a estrutura da matéria, sem a necessidade de se utilizar de elementos divinos ou misteriosos. Essa escola, ou seja, esses pensadores, acreditava que toda a matéria do mundo era composta por partículas muito pequenas que não

podiam ser destruídas, nem quebradas.

<sup>20</sup> As imagens apresentadas representam, por ordem de aparecimento: uma representação do rosto de Empédocles (disponível em <http://goo.gl/6Og6J1>); representação dos quatro elementos defendidos por Aristóteles (disponível em <http://goo.gl/YgrsdO>); e, Imagem da apresentação utilizando o PowerPoint, elaborado pelo professor.

Essa teoria hibernou por mais de vinte e quatro séculos, pelo fato de durante a Idade Média, aproximadamente, séculos V ao XV, os alquimistas terem mantidos seus trabalhos fundamentados na proposta de Aristóteles, ou seja, o de que a matéria que constitui o nosso mundo apresenta uma estrutura contínua.

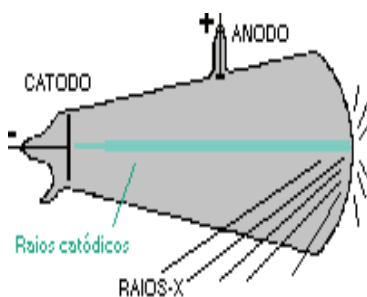
### 2.3. Modelo atômico de Dalton



John Dalton<sup>21</sup> (1766-1844) é considerado o pai da teoria atômica moderna, essa foi publicada em 1808, com o título “Um novo sistema da filosofia química”. Sua ideia principal era que toda a matéria era composta por átomos, e esses, de um dado

elemento químico, difeririam quanto a sua massa e outras propriedades.

O modelo atômico de Dalton encontrava dificuldades para explicar as leis volumétricas de Gay-Lussac, Amadeo Avogadro (1776-1855) mostrou em 1811, que essa dificuldade poderia ser resolvida se uma distinção fosse feita entre os átomos e as pequenas partículas constituintes de um gás, ele



considerou que essas são agregadas de um número definido de átomos e as denominou de moléculas.

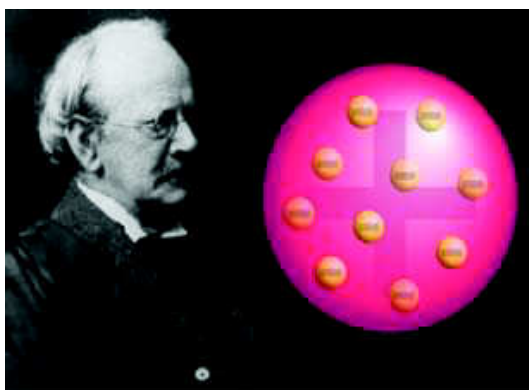


No final do século XIX, em 1879, o físico William Crookes (1832-1919), obteve evidências de que uma forma de radiação, emanada do catodo de um tubo, no qual uma descarga elétrica passava através de um gás, consistia de partículas com carga elétrica negativa, o que foi confirmado em 1897, por John J. Thomson (1856-1940). E, dessa forma, um novo modelo se fazia necessário.

<sup>21</sup> As imagens apresentadas representam, por ordem de aparecimento: Modelo de Dalton, disponível em <http://goo.gl/7oxoH0> (2016). A seguir tem uma representação da experiência de Crookes. E um retrato de William Crookes, disponível em: <https://goo.gl/aDZ8cJ> (2016)

## 2.4. Modelo atômico de Thomson

John J. Thomson<sup>22</sup> (1856-1940) é considerado o descobridor do elétron. Ele



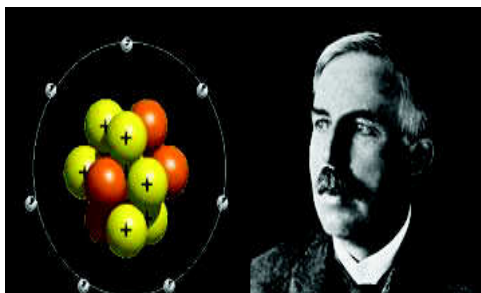
propôs um modelo atômico que consistia em uma esfera de carga positiva uniformemente distribuída, onde os elétrons estavam embebidos, como passas em um pudim, atribui-se a ele também a identificação de uma partícula positiva com massa igual à do átomo de hidrogênio em seus estudos de

ionização de gases.

Mais tarde, com novos experimentos, Thomson postulou que os elétrons estavam situados em anéis e esses se movimentam em órbitas ao redor da esfera positiva. O modelo de Thomson explica alguns fenômenos como a corrente elétrica, eletrização por atrito, formação de íons e as descargas elétricas em gases. Em 1909, Ernest Rutherford (1871-1937), liderou um grupo que estudava o espalhamento de partículas alfa passando por folhas metálicas finas.

Observou-se que cerca de uma, em oito mil partículas alfa, era refletida em um ângulo maior que noventa graus, o que não era compatível com o modelo atômico de Thomson, o fato de que muitas partículas ricocheteavam de volta, sugeria que a matéria no núcleo estava concentrada em alguns pontos, e, assim, novamente, era necessário repensar um novo modelo explicativo.

## 2.5. Modelo atômico de Rutherford



Ernest Rutherford (1871-1937), no final de 1910, chegou à conclusão de que o átomo consistia de um centro maciço, cercado, na maior parte, por um espaço vazio, mas, só em 1911, apresentou um modelo atômico, onde propunha que os

<sup>22</sup> As imagens apresentadas representam, por ordem de aparecimento: Modelo de Thomson e o Modelo de Rutherford, disponível em <http://goo.gl/7oxoH0> (2016).

átomos consistiam de um “caroço” com carga positiva, o núcleo, que continha quase toda a massa atômica, cercado por uma nuvem de elétrons com carga negativa.

O experimento de Rutherford levou à conclusão de que o átomo seria composto de um núcleo positivo, que ocupava uma região muito pequena, comparada ao seu tamanho e de cargas negativas que orbitavam em torno deste. Sendo assim, o elétron se moveria em movimento circular, com aceleração centrípeta, devido à atração elétrica entre as cargas.

No entanto, havia uma falha nesse modelo: uma carga em movimento acelerado emite radiação eletromagnética; ao se mover com aceleração centrípeta, o elétron deveria emitir radiação e perder energia. Com isso, o raio de sua órbita deveria diminuir gradativamente até que ele colidisse com o núcleo. Para resolver as dificuldades desse modelo atômico, em 1913, Niels Bohr (1865-1962) propôs um modelo atômico que foi o ponto de partida para a formulação quântica do átomo.

## 2.6. Modelo de Bohr<sup>23</sup>

Niels Bohr (1865-1962), em seu modelo, defendia que um elétron só podia se mover em órbitas bem determinadas, girando em círculos, em torno do núcleo, obedecendo às leis da Mecânica Clássica. Assim, este movendo-se em uma dessas órbitas possíveis não emite radiação eletromagnética.



A energia eletromagnética, esperada no modelo de Rutherford, só era emitida quando um elétron “pulava” descontinuamente de uma órbita para outra.

Como um elétron, na última órbita interior, não havia outras com menores energias para se deslocar, o átomo ficava em um estado estável. Em seu modelo, Bohr colocava algumas restrições nas órbitas clássicas, que eram permitidas, e exigia que nessas órbitas o elétron não irradiasse: essa restrição contrariava frontalmente a Teoria

---

<sup>23</sup> As imagens apresentadas representam, por ordem de aparecimento: Modelo de Bohr, disponível em <http://goo.gl/7oxoH0> (2016).

da Radiação. Em 1920, Rutherford propôs que o núcleo do átomo de hidrogênio era constituído por uma partícula fundamental, chamando-a de próton.

Entretanto, havia uma complicação no caso do carbono, que tem peso atômico 12 e núcleo com 6 cargas, foi feita uma suposição de que 6 elétrons se juntavam a 12 prótons para formar o núcleo atômico do carbono. Mas, pela regra da Mecânica Quântica, o confinamento de elétrons na região nuclear os levava a ter uma energia muito grande. Bohr e Rutherford, para resolver o problema, sugeriram a existência de “prótons sem carga”, que chamaram de nêutrons. O nêutron foi finalmente descoberto em 1932, por James Chadwick (1891-1874), que foi aluno de Rutherford.

O modelo que aparentemente sanava todas as questões logo encontrou dificuldades em se manter, uma vez que outras partículas foram descobertas em experimentos, usando raios cósmicos e aceleradores de partículas.

## 2.7. Partículas elementares<sup>24</sup>



Durante o século XIX, o átomo era considerado elementar, pois, nada se conhecia sobre sua natureza interna, porém, no final do século XIX, o átomo foi quebrado, e o elétron (e-) foi a primeira partícula observada.

Por outro lado, do ponto de vista experimental e teórico, o conceito não é tão simples assim; há grandes dificuldades quanto aos limites intrínsecos à observação, e há também dificuldades na concepção dos modelos teóricos que descrevem o comportamento da matéria. Do ponto de vista teórico, o conceito que define uma partícula elementar é de natureza abstrata e matemática, as partículas elementares são descritas por objetos matemáticos denominados de função de onda.



<sup>24</sup> As imagens apresentadas representam, por ordem de aparecimento, o símbolo do elétron e uma imagem da apresentação do professor.

O fóton foi a segunda partícula elementar (partícula virtual responsável por mediar as interações eletromagnética) descoberta, desde 1888, os físicos vinham observando que certos metais iluminados por luz intensa (radiação) emitem partículas carregadas negativamente, esse fenômeno passou a ser conhecido como efeito fotoelétrico.

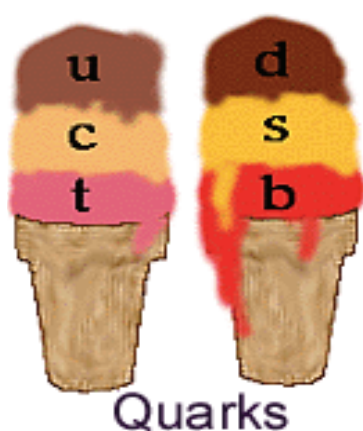
Em 1923, dezoito anos da proposta teórica de Einstein, o fóton foi confirmado na experiência do efeito Compton. O neutrino do elétron foi a terceira partícula elementar a ser estudada, e surgiu de uma proposta teórica formulada em 1930. O pósitron foi a quarta partícula elementar a ser descoberta e, na verdade, constitui a antipartícula do elétron. O múon foi a quinta partícula elementar e a primeira das partículas instáveis a ser descoberta (Abdalla, 2006).



25

Com o desenvolvimento da técnica na fabricação de emulsões sensíveis, conjugado à utilização de aceleradores mais sofisticados, foi descoberta uma significativa quantidade de partículas e era necessário classificá-las:

A teoria que explica as forças e partículas fundamentais, que compõem toda a matéria que existe no universo, é denominada Modelo Padrão.



Algumas partículas, aparentemente, são elementares, no sentido de que não têm tamanho ou estrutura interna. Elas foram chamadas de léptons. São elas: elétron ( $e^-$ ), múon ( $\mu$ ), e o tauon ( $\tau$ ).

As demais partículas constituintes da matéria são chamadas hádrons. Elas têm tamanho, isto é, uma estrutura interna, e, aparentemente são constituídas de partículas menores, realmente elementares.

Experimento realizado no acelerador linear de Stanford no final dos anos 1960, usando

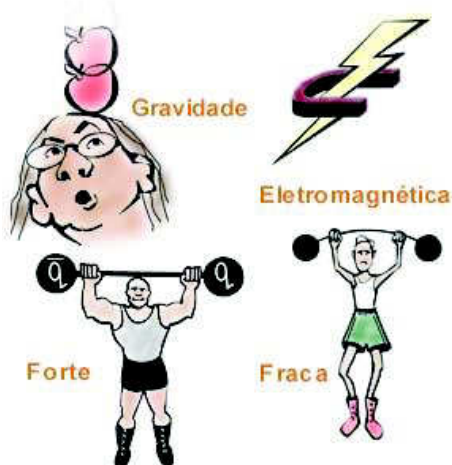
<sup>25</sup> As duas imagens encontram-se disponíveis em: <https://goo.gl/GeH16a> (2016)

elétrons de alta energia espalhados por prótons, indicavam que o próton era constituído de objetos pontuais com carga elétrica. Nessa mesma época, o físico americano Murray Gell-Mann propôs um modelo onde os hádrons eram constituídos de partículas, que foram nomeados de quarks.

Existem seis tipos de quarks chamados de sabores são eles: *up* (u), *down* (d), *strange* (s), *charm* (c), *bottom* (b) e *top* (t).



## 2.8. Tipos de Interações<sup>26</sup>



As forças fundamentais conhecidas na natureza são quatro: força nuclear forte; força nuclear fraca; força eletromagnética; e, força gravitacional. Vale lembrar que um dos grandes projetos da Física é a Teoria Unificada, que explica todos os fenômenos em termos de uma única interação fundamental, um passo neste sentido foi dado pela teoria da unificação das interações eletromagnética e fraca na interação eletrofraca. A força forte,

que atua somente em distâncias muito pequenas, menores que o raio do núcleo atômico, é intermediado por glúons. A força fraca, que também está limitada ao núcleo atômico é responsável pelos decaimentos beta e é intermediada pelas partículas Z, W, W<sup>+</sup> que são mésons.



A força eletromagnética, que pode atuar em qualquer distância, é a responsável pela maioria das forças que sentimos no nosso dia a dia, como o atrito, força muscular, forças de contato, etc., é intermediada por fótons virtuais. E a força gravitacional, seu peso é um bom exemplo desta, é intermediada por grávitons. Esses estão previstos pelo

<sup>26</sup> Imagens disponíveis em: <http://goo.gl/xSdrcn> (2016)

Modelo Padrão, muito esforço experimental já foi realizado, mas até hoje estas partículas não foram detectadas.

Em 1964, o físico inglês Peter Higgs, propôs um mecanismo que ficou conhecido como Mecanismo de Higgs, um dos maiores enigmas do modelo padrão, que gera a massa das partículas chamadas bósons de Gauge. De acordo com o modelo padrão, esse mecanismo é responsável pela geração de massas<sup>27</sup>.

	Gravidade	Fraca (Eletrofraca)	Eletromagnética	Forte
Transportada por:	Gráviton <small>(ainda não observado)</small>	$W^+$ $W^-$ $Z^0$	Fóton	Glúon
Atua em:	TODAS	Quarks e Léptons	Quarks e Léptons carregados $W^+$ $W^-$ $Z^0$	Quarks e Glúons

## 2.9. Últimos Avanços no Entendimento das Partículas Elementares

Em busca de respostas para questões desafiadoras sobre a origem da matéria e sobre o infinitamente pequeno, físicos de partículas elementares de diversos países reuniram-se e fundaram o CERN.



Neste, os físicos e engenheiros estão investigando a estrutura fundamental do universo. Eles utilizam os melhores e mais complexos instrumentos científicos do mundo para estudar os componentes básicos da matéria - as partículas fundamentais.

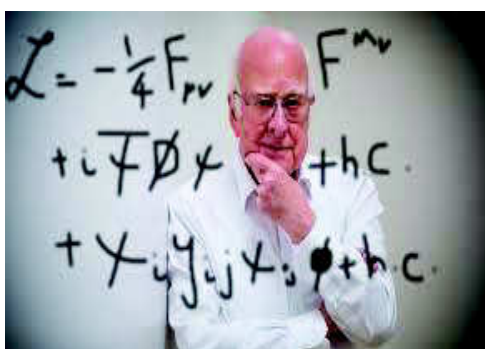
As partículas produzidas nesses aceleradores não duram mais que ínfimas frações de segundo, os fenômenos que resultam das colisões das partículas nos

<sup>27</sup> As imagens apresentadas representam, por ordem de aparecimento, a imagem que representa as forças fundamentais, disponível em: <http://goo.gl/xSdrcn>; e, uma imagem global do LHC obtida através da plataforma do Google Maps.

aceleradores dão aos estudiosos, pistas sobre como as partículas interagem e fornece *insights* sobre as leis fundamentais da natureza.

Em 4 de julho de 2012, os ATLAS e CMS do CERN realizaram experiências no Grande Colisor de Hádrons e anunciaram que tinham observado uma nova partícula na região de massa em torno de 126 GeV.

Esta partícula é consistente com o bóson de Higgs, previsto pelo Modelo Padrão. Este, como proposto no âmbito deste arquétipo, é a manifestação mais simples do mecanismo Brout-Englert-Higgs. Outros tipos de bósons de Higgs são previstos por outras teorias que vão além do Modelo Padrão.



Em 8 de outubro de 2013, o Prêmio Nobel de Física foi atribuído conjuntamente a François Englert e Peter Higgs<sup>28</sup> pela descoberta teórica de um mecanismo que contribui para a nossa compreensão da origem da massa das partículas subatômicas e que a descoberta foi confirmada em março de 2013.

Mas essa não é uma teoria acabada, nem definitiva. Ao contrário é, como todas as demais teorias científicas, uma verdade provisória, no sentido de que, seguramente, será modificada, completada, extrapolada, a fim de explicar melhor o que se propõe e, em algum momento, dará lugar a outras teorias que, de alguma forma, nela estarão apoiadas.



---

<sup>28</sup> Imagem do prêmio Nobel, Peter Higgs, disponível em <https://goo.gl/NGubYA>. E representação do Bóson de Higgs.

## Descrição das Atividades Planejadas

Caro professor, nessa seção, disponibilizo os roteiros das atividades implementadas ao longo do mestrado. Apesar de estar na sequência em que foi realizada, você pode optar por utilizar, apenas parte das mesmas, de acordo com sua realidade e demandas.

### ROTEIRO DA ATIVIDADE 01

Tema: Questionário sobre Física de Partículas

Duração da atividade: 50 min

Prof. Hudson Batista da Silva

#### 1- Descrição geral do roteiro de atividades nº 1

Esta atividade deve ser utilizada para diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos, a respeito do tema Física de Partículas.

O professor deverá usar ou adaptar o Questionário 01 aqui sugerido, esclarecendo à turma que essa atividade tem como objetivo identificar os conhecimentos prévios dos mesmos, uma vez que eles já estudaram ou já poderiam ter ouvido falar de algum dos conteúdos de Física de partículas como, por exemplo, sobre o átomo que será nosso ponto de partida. Após esse diálogo, o professor deverá entregar o questionário aos alunos e esperar o término do mesmo.

#### 2- O que o aluno poderá aprender com esta aula

- O conceito de átomo
- Os elementos constituintes do átomo
- O que é uma partícula elementar
- Modelos atômicos

#### 3- Recursos Utilizados

- Sala de aula
- Questionário sobre Física de Partículas

#### 4- Avaliação

- Desempenho individual no Questionário 01

#### 4.1- Questionário sobre partículas elementares e suas interações fundamentais

Questionário sobre partículas elementares e interações fundamentais

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

Data: \_\_\_\_\_

Prezado Aluno,

Este questionário tem por finalidade identificar suas concepções a respeito do tema “Partículas Elementares e Interações Fundamentais”. Se você não souber a resposta para uma determinada questão, use a alternativa “Não sei”, mas, não faça isso por comodidade. A ideia é que você escolha a alternativa que mais se ajuste às suas concepções sobre esse assunto. Portanto, pedimos que não “chute” para ver-se logo livre. Pense um pouco antes de responder.

**1. O que é um átomo?**

- a) A menor porção de matéria que caracteriza um ser vivo.
- b) Uma partícula indivisível formada de prótons, elétrons e nêutrons.
- c) Uma partícula básica da matéria.
- d) A menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico.
- e) Não sei.

**2. O que constitui os átomos?**

- a) Prótons, elétrons e nêutrons.
- b) Léptons e quarks.
- c) Partículas alfa e beta.
- d) Partículas positivas e negativas.
- e) Não sei

**3. O que são prótons?**

- a) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.
- b) Partículas elementares porque são indivisíveis.
- c) Partículas elementares porque possuem carga elétrica +e.
- d) Partículas constituídas por quarks.
- e) Não sei.

4. O que são elétrons?

- a) Partículas elementares porque são indivisíveis.
- b) Partículas elementares porque possuem carga elétrica  $-e$ .
- c) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.
- d) Partículas elementares porque sua massa é muito pequena comparada com a do próton.
- e) Não sei.

5. O que são nêutrons?

- a) Partículas elementares porque são indivisíveis.
- b) Partículas elementares porque sua carga elétrica é zero.
- c) Partículas elementares porque sua massa é aproximadamente a mesma massa do próton.
- d) Partículas constituídas por quarks.
- e) Não sei.

6. O que é um modelo atômico?

- a) Uma representação, construída pelos cientistas, da estrutura dos átomos.
- b) Um modelo tomado como referência para permitir cálculos matemáticos.
- c) Um modelo pensado para átomos de pequeno número atômico.
- d) Um modelo que pode ser pensado esquematicamente.
- e) Não sei

7. Como um modelo atômico é construído?

- a) Por meio da imaginação dos cientistas.
- b) Por meio de observações da natureza.
- c) Por meio de observações experimentais.
- d) Integrando-se dados experimentais e teorias que se ajustam.
- e) Não sei.

8. Qual é o modelo atômico mais aceito atualmente?

- a) Rutherford.
- b) Thomson.
- c) Bohr.
- d) Quântico.
- e) Não sei.

**9.** O que é uma partícula elementar?

- a) O mesmo que um átomo.
- b) Um conjunto de prótons.
- c) A menor porção de matéria conhecida.
- d) Um conjunto de elétrons.
- e) Não sei.

**10.** Como são detectadas as partículas elementares?

- a) Usando um microscópio.
- b) Por meio de sua observação direta na Natureza.
- c) Por meio de observações indiretas com o auxílio de aceleradores de partículas, câmaras de bolhas, detectores de raios cósmicos, etc.
- d) Com o uso de telescópios especiais.
- e) Não sei.

**11.** O que é um quark?

- a) Uma partícula elementar que constitui a matéria.
- b) Um átomo ionizado.
- c) Uma característica das partículas elementares, assim como a carga elétrica.
- d) Um conjunto de prótons.
- e) Não sei.

## ROTEIRO DA ATIVIDADE 02

Tema: Introdução a Física de Partículas

Duração da atividade: 50 min

Prof. Hudson Batista da Silva

### 1- Descrição geral do Roteiro de Atividades nº 2

Esta atividade pode ser inserida logo após a introdução à eletrostática, o professor deve mostrar a laranja aos alunos e compará-la com um átomo em seguida o mesmo deverá questionar como poderíamos saber o que tem dentro da laranja? Qual sua estrutura interna? Importante sempre lembrar aos alunos que a laranja representa o átomo, portanto, não podemos usar uma faca para cortá-la (Figura 12).

**Figura 12:** Professor com uma laranja na mão



Fonte: do próprio autor (2016).

Após observar as possíveis sugestões propostas pelos alunos, o professor deverá, caso ainda ninguém o tenha feito, ressaltar que uma boa solução seria arremessar contra uma parede a laranja, pois assim, conseguiríamos ver sua estrutura e, nesse momento, solicitar que os mesmos se dirijam a uma área onde possam arremessar as laranjas contra a parede, obedecendo as seguintes instruções:

- O primeiro arremesso não deva ser aplicado muita força (Figuras 13, 14 e 15):

**Figuras 13, 14 e 15:** Estudante arremessando a laranja contra a parede



Fonte: do próprio autor (2016)

- Após cada arremesso, fazer observações na laranja e mostrar aos alunos a estrutura interna que vai se apresentando. Sempre relacionar com a estrutura atômica (Figura 16).

**Figura 16:** Professor apresentando a laranja após os lançamentos



Fonte: do próprio autor

- Solicitar que os arremessos sejam feitos com mais força, até que seja possível fazer uma análise melhor da estrutura interna da laranja (Figuras 6 e 7).

**Figuras 17:** Estudante arremessando a laranja com mais força



Fonte: do próprio autor

**Figura 18:** Professor apresentando o interior da laranja



Fonte: do próprio autor

- Discutir o experimento com os alunos, mostrando aos mesmos, que se fizéssemos uma comparação com os aceleradores de partículas, daria para entender porque é necessário trabalhar com altas energias.

## 2- O que o aluno poderá aprender com esta aula

- Identificar as partículas constituintes do átomo
- Discutir os principais conteúdos do tema Física de partículas
- Relacionar força com energia.
- Entender porque os aceleradores de partículas precisam de altas energias.

## 3- Recursos Utilizados

- Sala de aula
- Laranjas
- Área externa para arremessar as laranjas

## 4- Avaliação

- Participação efetiva dos alunos durante o experimento.

## ROTEIRO DA ATIVIDADE 03

Tema: Física e Poesia

Duração da atividade: 100 min

Prof. Hudson Batista da Silva

Nesta atividade, uma leitura de uns poemas é proposta em grupos. Cada grupo lê o poema distribuído, discute no grupo e, em seguida, cada grupo lê o poema para a turma toda e comenta a discussão realizada. Para cada caso, o professor destaca o modelo atômico relacionado.

### Poema 1 : Os Lusíadas - Canto VI

[...]

E vê primeiro, em cores variadas,  
Do velho Caos a tão confusa face;  
Vêm-se os quatro Elementos trasladados,  
Em diversos officios ocupados.

Ali, sublime, o Fogo estava em cima,  
Que em nenhuma matéria se sustinha;  
Daqui as coisas vivas sempre anima,  
Depois que Prometeu furtado o tinha.  
Logo após ele, leve se sublima  
O invisível Ar, que mais asinha  
Tomou lugar e, nem por quente ou frio,  
Algum deixa no mundo estar vazio.

[...]

CAMÕES, Luís Vaz de. Os lusíadas. São Paulo: Ateliê, 1998.p.170-171

### Poema 2 : “A Quarta Parede”

Esta foi a	esferas
bela e preciosa	musicantes
lição de Bohr	de Pitágoras...
e Mann	esta foi
de sua mecânica	a bela
sublime	e preciosa
antes maldestra	descoberta
hoje tão bela	que
como laura,	a máquina
nise e glaura	do mundo



## ROTEIRO DA ATIVIDADE 04

Tema: Linha do tempo

Duração da atividade: 100 min

Prof. Hudson Batista da Silva

Distribuídos em grupos, os estudantes devem elaborar uma apresentação de uma linha do tempo sobre a evolução dos modelos atômicos identificados na discussão anterior aos poemas. O material produzido deve ser fixado na lousa, em ordem cronológica. O tempo total estimado leva em conta 15 a 20 minutos para cada explanação oral.

Após todos os grupos exporem seus trabalhos, é desejável haver um diálogo com a classe toda para esclarecimento de dúvidas em relação aos modelos atômicos apresentados.

## ROTEIRO DA ATIVIDADE 05

Tema: Ordem de grandeza

Duração da atividade: 100 min

Prof. Hudson Batista da Silva

### ATIVIDADE 03: Ordem de Grandeza

A comparação entre diferentes ordens de grandeza, através do site <http://htwins.net/scale2/lang.html> e, em seguida, a exibição do vídeo “Do Micro ao Macro” (<https://youtu.be/plJ7xiKtBFQ>) são as atividades propostas nessa aula.

No laboratório de informática, como mostra a próxima figura, os alunos foram orientados a digitar a página <http://htwins.net/scale2/lang.html> e seguir as instruções recebidas, descritas na sequência.

**Figura 19:** Estudantes no Laboratório de Informática



Fonte: do próprio autor. (2016)

No site é possível fazer algumas comparações de ordem de grandeza. Primeiramente, é necessário escolher o idioma a ser utilizado, no nosso caso, o Português.

**Figura 20:** Tela de escolha do idioma.



Fonte: <http://htwins.net/scale2/lang.html> (2016)

Após escolher o idioma, aparece a tela de início da atividade, os alunos devem ser orientados a clicar em “começar” como indicado na figura, a seguir:

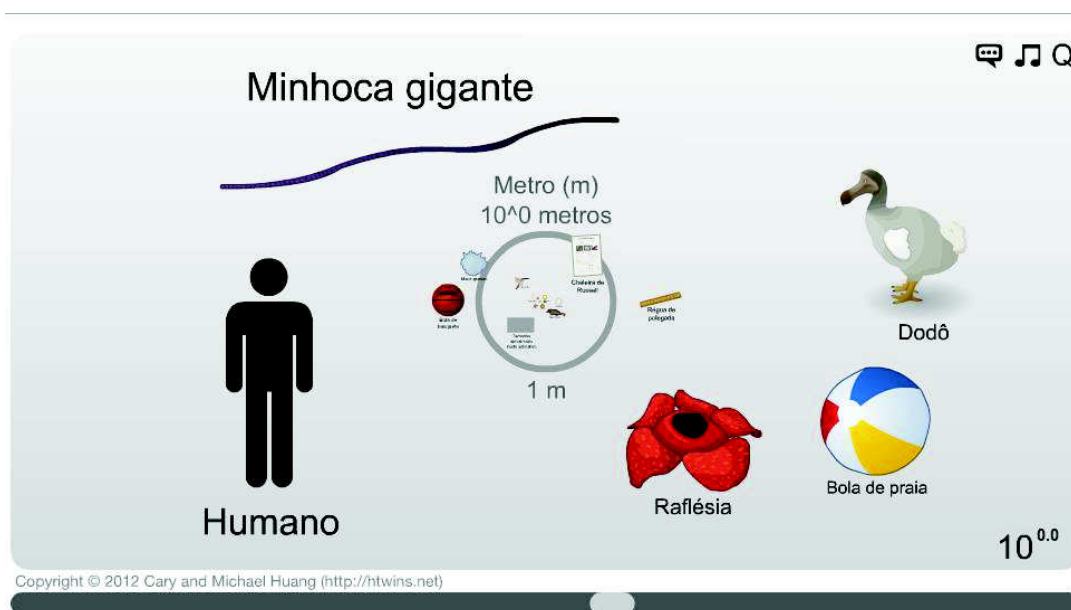
**Figura 21:** Tela inicial do site, após escolha do idioma



Fonte: <http://htwins.net/scale2/lang.html> (2016)

Várias opções são fornecidas aos alunos e, de forma livre, os mesmos irão selecionar os objetos e observar suas respectivas ordens de grandezas, como podemos ver, a seguir:

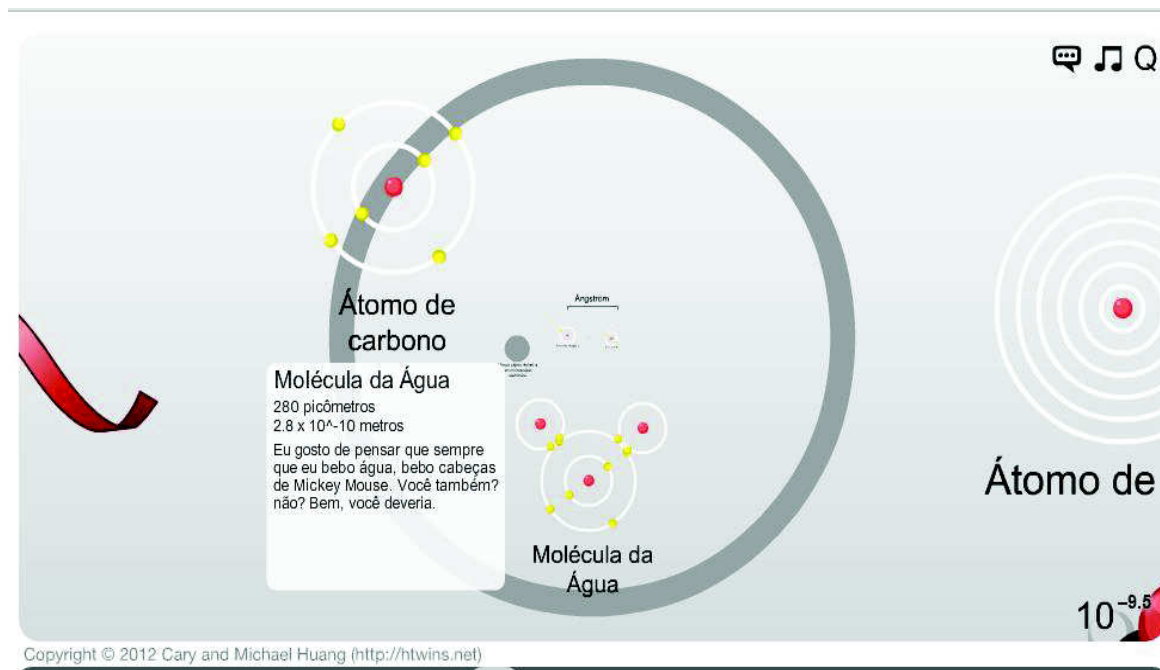
**Figura 22:** Opções de objetos



Fonte: <http://htwins.net/scale2/lang.html> (2016)

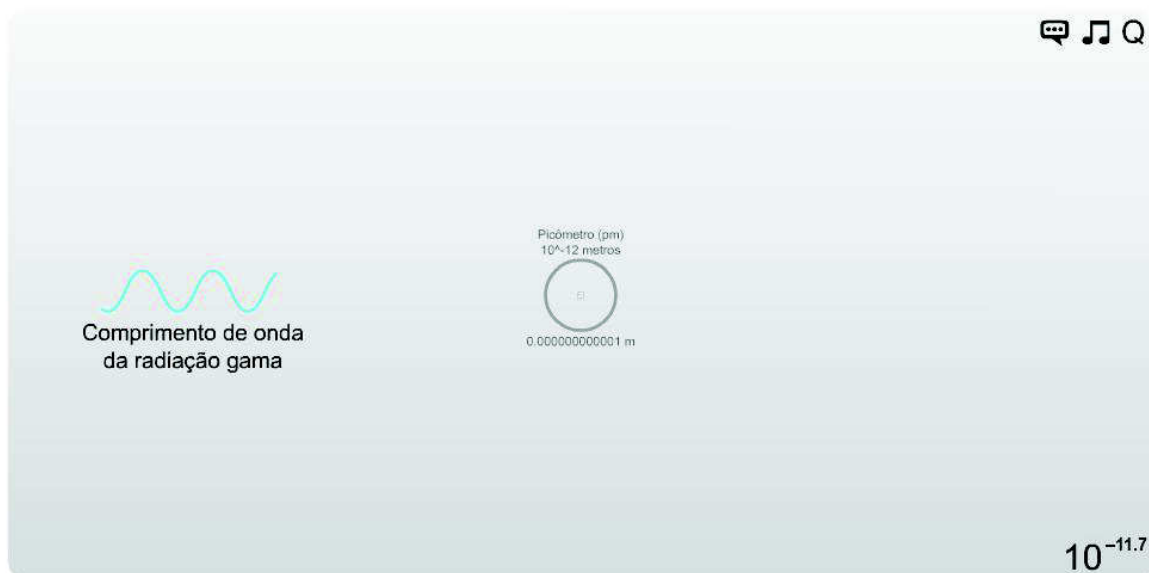
Por exemplo, é possível verificar a ordem de grandeza do átomo de carbono como destaca a figura 23. Ou, até mesmo, do comprimento de onda da radiação gama, observado na figura 24.

**Figura 23:** Ordem de grandeza do átomo de carbono



Fonte: <http://htwins.net/scale2/lang.html> (2016)

**Figura 24:** Ordem de grandeza do comprimento de onda da radiação gama



Fonte: <http://htwins.net/scale2/lang.html> (2016)

Após os alunos explorarem o site e realizarem diversas comparações de ordem de grandezas, a exibição do vídeo “Do Micro ao Macro”

(<https://youtu.be/plJ7xiKtBFQ>), com duração de 9 minutos e 7 segundos, possibilita aos alunos relacionarem as aprendizagens, com o utilizado no site.

O vídeo mostra uma comparação entre o micro e o macro, começando uma viagem do centro de Veneza (figura 25) até o universo como acompanharemos nas figuras seguintes.

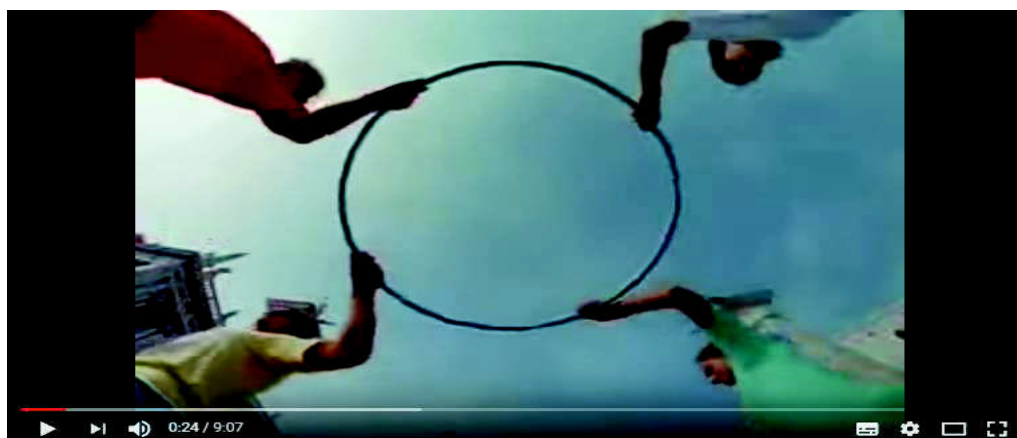
**Figura 25:** Centro de Veneza



Fonte: <https://youtu.be/plJ7xiKtBFQ> (2016)

A cena seguinte mostra jovens segurando um arco com um metro de diâmetro que servirá como parâmetro para dar uma ideia de escala (figura 26)

**Figura 26:** Ideia de escala



Fonte: <https://youtu.be/plJ7xiKtBFQ> (2016)

Ao se afastar dos jovens é possível fazer uma comparação do arco com o círculo formado pelos telespectadores que tem o diâmetro 10 vezes maior que o diâmetro do arco, ou seja, 10 metros de diâmetro que equivale a  $10^1$ . (figura 27):

**Figura 27:** Círculo formado pelos telespectadores



Fonte: <https://youtu.be/plJ7xiKtBFQ> (2016)

Então, o vídeo mostra, de forma progressiva, que a cada passo para trás, ficamos 10 vezes mais distantes de Veneza:

**Figura 28:** Ampliando a distância em relação à Veneza



Fonte: <https://youtu.be/plJ7xiKtBFQ> (2016)

Ampliando o arco para 100 metros de diâmetro é possível englobar São Marcos:

**Figura 29:** Arco de diâmetro 100 metros



Fonte: <https://youtu.be/pIJ7xiKtBFQ> (2016)

Se continuarmos nos afastando até uma distância equivalente a  $10^4$  km, é possível avistar toda a cidade de Veneza:

**Figura 30:** Arco a  $10^4$  km de distância de Veneza



Fonte: <https://youtu.be/pIJ7xiKtBFQ> (2016)

Em seguida, é possível ver todo o globo terrestre:

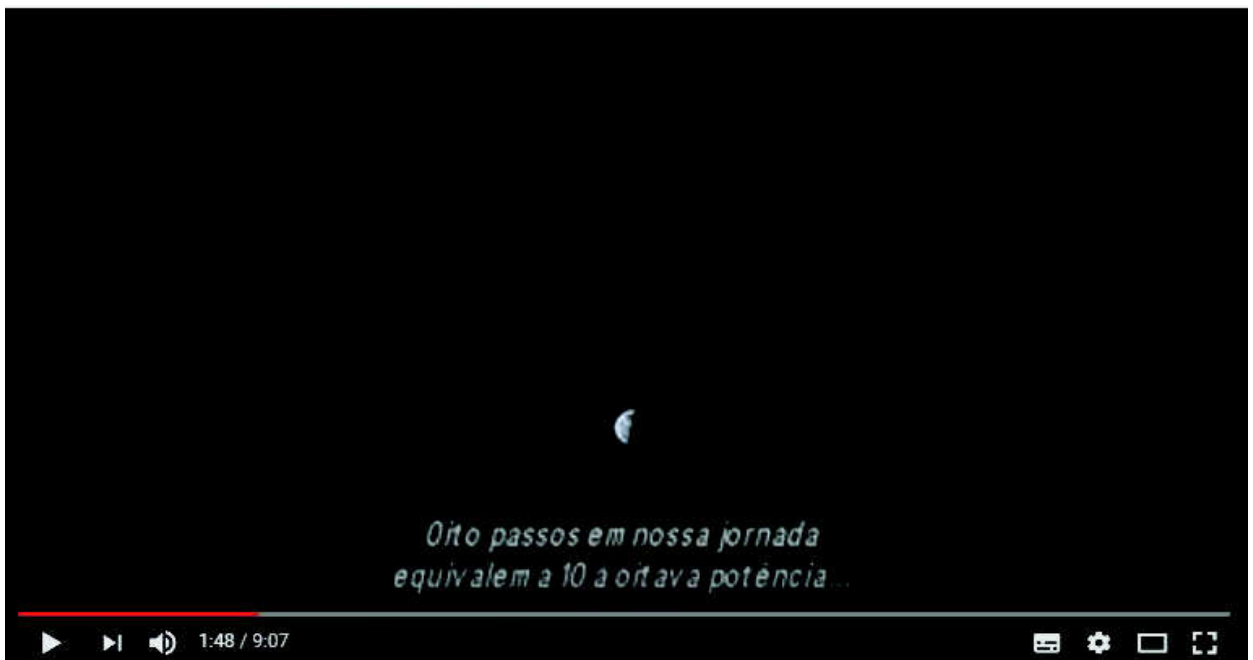
**Figura 31:** O planeta Terra



Fonte: <https://youtu.be/pIJ7xiKtBFQ> (2016)

E a viagem continua... E oito passos, nessa jornada, equivalem a  $10^8$ km:

**Figura 32:** A  $10^8$  km de Veneza



Fonte: <https://youtu.be/pIJ7xiKtBFQ> (2016)

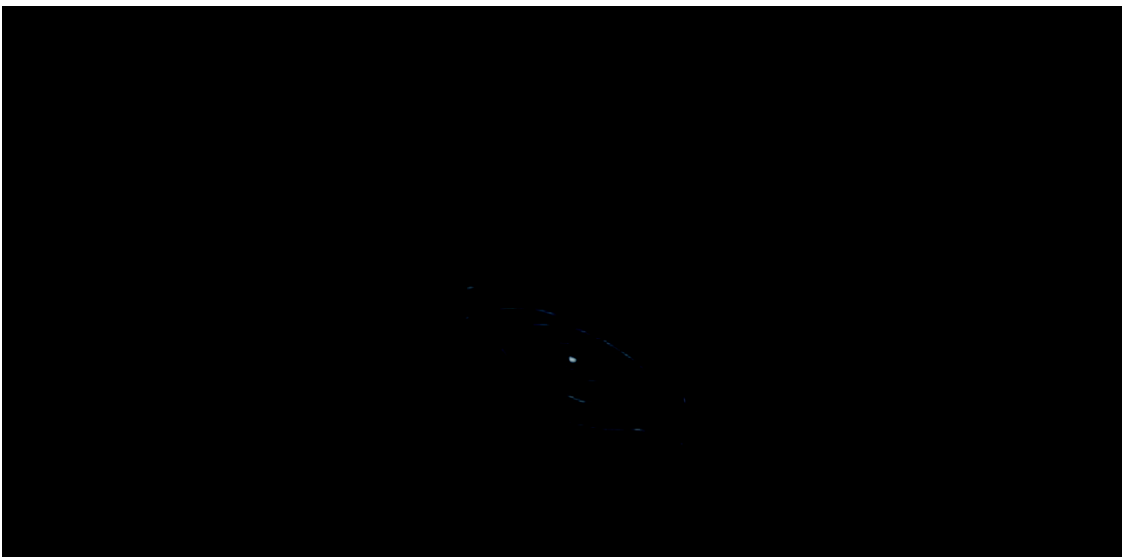
**Figura 33:** Maior fronteira de distância já atingida pelo homem



Fonte: <https://youtu.be/plJ7xiKtBFQ> (2016)

O vídeo continua essa jornada e cada vez mais distante do ponto de partida e mostra que, a 13 “passos” de Veneza, seria possível visualizar todo o Sistema Solar:

**Figura 34:** O Sistema Solar



Fonte: <https://youtu.be/plJ7xiKtBFQ> (2016)

Seguindo assim, já utilizando a unidade de ano-luz, ele projeta até 15 bilhões de anos-luz de Veneza e se aproxima da fronteira do universo visível:

**Figura 32:** Fronteira do universo visível



Fonte: <https://youtu.be/plJ7xiKtBFQ> (2016)

## ROTEIRO DA ATIVIDADE 06

Tema: Exibição do filme “Discreto Charme das Partículas Elementares”

Duração da atividade: 50 min

Prof. Hudson Batista da Silva

Após a exibição do vídeo<sup>29</sup>, os alunos, divididos em grupos, devem responder às questões:

### **Grupo 1:** Partículas elementares

O Grupo deve analisar e responder as seguintes perguntas, em relação ao filme: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”:

- 1- Identifique a primeira partícula elementar que é apresentada na exposição?
- 2- Como você definiria uma partícula elementar após assistir o filme?
- 3- Como você explicaria a função das partículas elementares na natureza?
- 4- Como você concebe a relação das partículas elementares e a origem do universo?
- 5- Como podemos identificar uma partícula elementar?

### **Grupo 2:** Modelo Padrão

O Grupo deve analisar e responder as seguintes perguntas, em relação ao filme: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”:

1. O que é o Modelo Padrão?
2. Quais as famílias de partículas que fazem parte do Modelo Padrão?
3. Prótons e nêutrons são partículas elementares? Por quê?
4. Quantos tipos de quarks existem? Justifique-os?
5. E o elétron, qual o seu papel no Modelo Padrão?
6. Quantos tipos de léptons existem? Justifique-os?
7. O que é o fóton? Qual o seu papel no Modelo Padrão?

### **Grupo 3:** Forças que agem no Universo e seus mediadores

---

<sup>29</sup> Vídeo disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=FAISMNkR\\_WM](https://www.youtube.com/watch?v=FAISMNkR_WM)

O Grupo deve analisar e responder as seguintes perguntas, em relação ao filme: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”:

- 1- Quais são as forças que agem no Universo? Caracterize-as?
- 2- Quais são os bósons mediadores de cada interação fundamental?
- 3- O que é bóson de Higgs? Qual a hipótese dos cientistas sobre ele?
- 4- Se cargas de mesmo sinal se repelem, como os cientistas explicam que o núcleo atômico (formado por prótons e nêutrons) não se desintegre?

**Grupo 4:** Partículas e antipartículas

O Grupo deve analisar e responder as seguintes perguntas, em relação ao filme: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”:

- 1- O que é antimatéria? Qual a sua relação com as antipartículas?
- 2- O que é simetria? Como podemos reconhecer seu papel no Modelo Padrão?
- 3- As leis do mundo macroscópico e microscópico são as mesmas?

**Grupo 5:** LHC

O Grupo deve analisar e responder as seguintes perguntas, em relação ao filme: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”:

- 1- Você sabe o que é o LHC?
- 2- Onde está localizado o LHC? Por que ele foi construído debaixo da terra?
- 3- Como funciona um acelerador de partículas? Qual é o papel dos detectores nesse equipamento? E o resultado desse experimento, como fazemos sua interpretação?
- 4- O LHC pode causar o fim do mundo por meio de um buraco negro?

## ROTEIRO DA ATIVIDADE 07

Tema: Visita Virtual ao Site do CERN

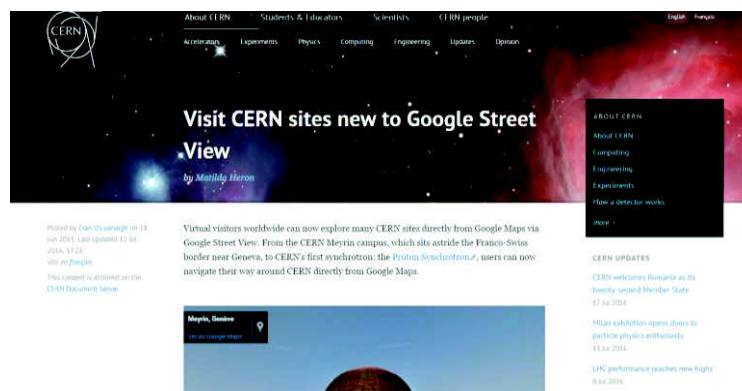
Duração da atividade: 50 min

Prof. Hudson Batista da Silva

Usar a internet para coletar informações atualizadas, através de uma pesquisa dirigida é o direcionamento dessa atividade. Através do site<sup>30</sup>, é possível explorar a função de cada departamento do CERN.

Essa atividade deve ser feita no laboratório de informática, orientando os alunos, a digitar o site, conforme mostra a Figura 33:

Figura 33: Site Oficial do CERN



Fonte: <http://home.cern> (2016)

Indica-se clicar em cima do detector “ALICE”, conforme a Figura 34. A visualização é mostrada na imagem seguinte. ALICE – *A Large Ion Collider Experiment* – é um detector de íons pesados no *Large Hadron Collider ring* (LHC). O seu objetivo é desvendar o mistério da matéria quente e densa, que é brevemente criada quando há colisão de íons pesados a altas energias.

Figura 34: Site do CERN com a opção de clicar em ALICE

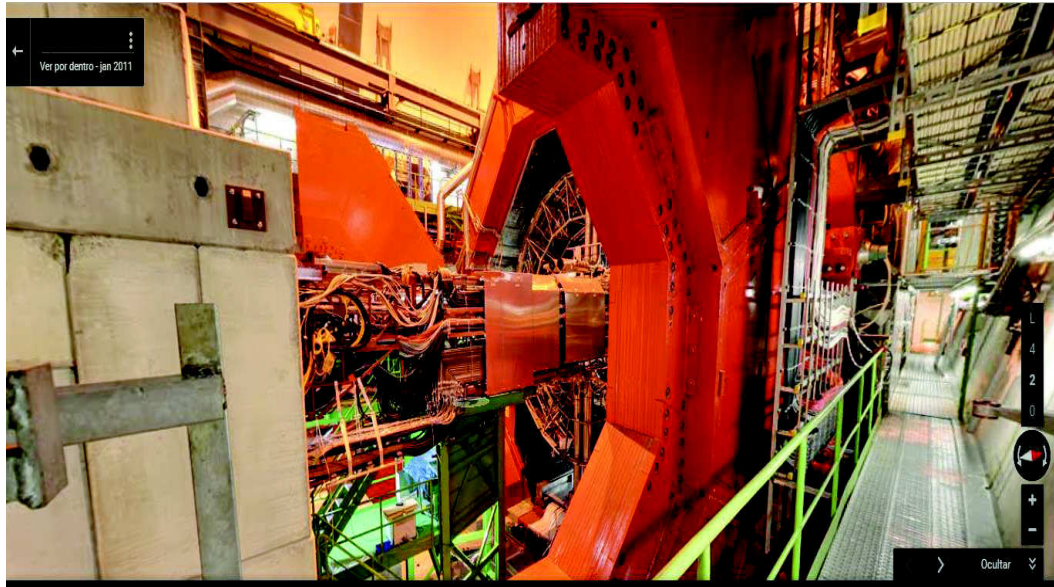
Google Street Views are now available for many of CERN's sites above ground, including the Meyrin campus (Image: Google Street View)

CERN and Google began collaborating on this project in 2010. The first release of images was in 2013, with Google Street Views of the Large Hadron Collider tunnel as well as the underground ALICE, ATLAS, CMS and LHCb experiments, accessible through a dedicated CERN part of Google Street View.

<sup>30</sup> <http://home.cern/about/updates/2015/06/visit-cern-sites-new-google-street-view>

Fonte: <http://home.cern/about/updates/2015/06/visit-cern-sites-new-google-street-view> (2016)

**Figura 35:** Visualização do *A Large Ion Collider Experiment*



Fonte:

<https://goo.gl/b3xat0> (2016)

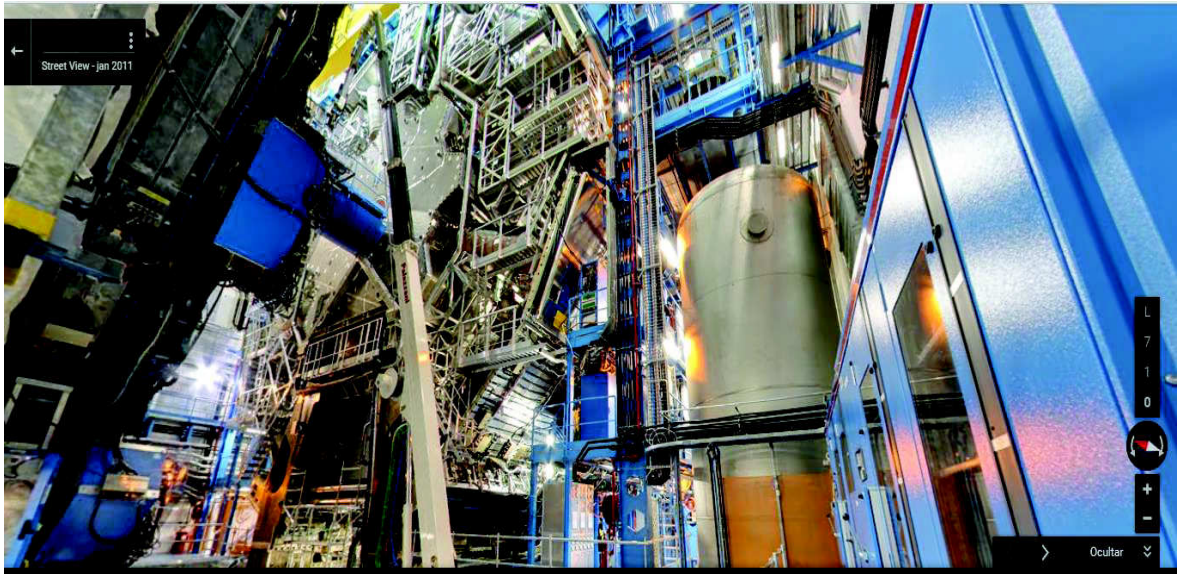
Na sequência, sugere-se clicar no experimento ATLAS - *A Toroidal LHC ApparatuS* (Dispositivo Instrumental Toroidal para o LHC). Esse é um detector com 25m de altura, 46 m de comprimento e 25 m de largura. Possui um monumental eletroímã toroidal, formando sua estrutura, conforme pode ser visualizado nas figuras a seguir:

**Figura 36:** Site do CERN com a opção de clicar em ATLAS

CERN and Google began collaborating on this project in 2010. The first release of images was in 2013, with Google Street Views of the [Large Hadron Collider](#) tunnel as well as the underground caverns of the [ATLAS](#), [CMS](#) and [LHCb](#) experiments, accessible through a dedicated CERN part of Google Street View.

Fonte: <http://home.cern/about/updates/2015/06/visit-cern-sites-new-google-street-view> (2016)

**Figura 37:** Visualização do *A Toroidal LHC ApparatuS*



Fonte: <https://goo.gl/RPxnwS> (2016)

Após explorarem o detector ATLAS, pode-se clicar no detector CMS (Figura 38). CMS – Solenoide de Múons Compacto é um detector de uso geral no *Large Hadron Collider* (LHC). Ele tem um amplo programa de Física que vai desde o estudo do Modelo Padrão, incluindo o bóson de Higgs, para a busca de dimensões extras e partículas que poderiam tornar-se matéria escura. A visualização consta na Figura 39. Embora tenha os mesmos objetivos científicos, como o experimento ATLAS, ele usa diferentes soluções técnicas e um design diferente do sistema de imã.

**Figura 38:** Site do CERN com a opção de clicar em CSM

CERN and Google began collaborating on this project in 2010. The first release of images was in 2013, with Google Street Views of the *Large Hadron Collider* tunnel as well as the underground caverns of the *ALICE*, *CMS* and *LHCb* experiments, accessible through a dedicated CERN page on Google Street View.

Fonte: <http://home.cern/about/updates/2015/06/visit-cern-sites-new-google-street-view>  
(2016)

**Figura 39:** Visualização do CMS – Solenoide de Múons Compacto



Fonte: <https://goo.gl/fflBp3> (2016)

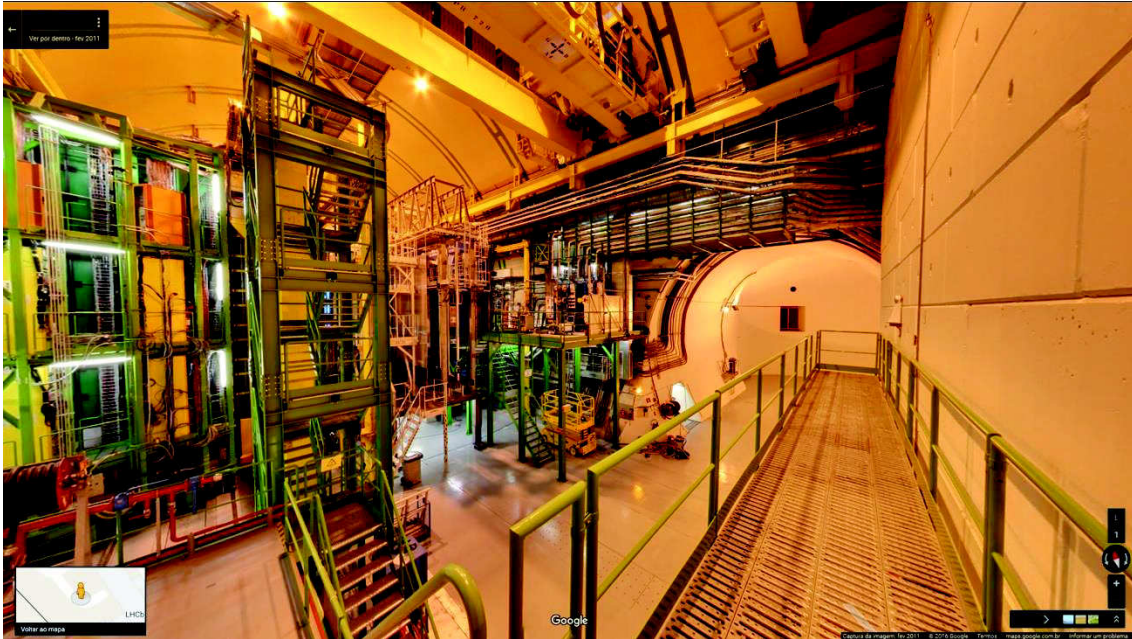
Após a exploração do detector CMS, é possível clicar no detector LHCb (Figura 40). O experimento LHCb usa uma série de subdetectores para detectar partícula. O primeiro subdetector está montado perto do ponto de colisão, com os outros seguindo um atrás do outro ao longo de um comprimento de 20 metros.

**Figura 40:** Site do CERN com a opção de clicar em LHCb

CERN and Google began collaborating on this project in 2010. The first release of images was in 2013, with Google Street Views of the Large Hadron Collider tunnel as well as the underground caverns of the ALICE, ATLAS, and LHCb experiments, accessible through a dedicated CERN part of Google Street View.

Fonte: <http://home.cern/about/updates/2015/06/visit-cern-sites-new-google-street-view> (2016)

**Figura 41:** Visualização do LHCb



Fonte: <https://goo.gl/yLghEU> (2016)

Após a visita, um comentário geral pode ser encaminhado no intuito de trocar as experiências vivenciadas.

# ROTEIRO DA ATIVIDADE 10

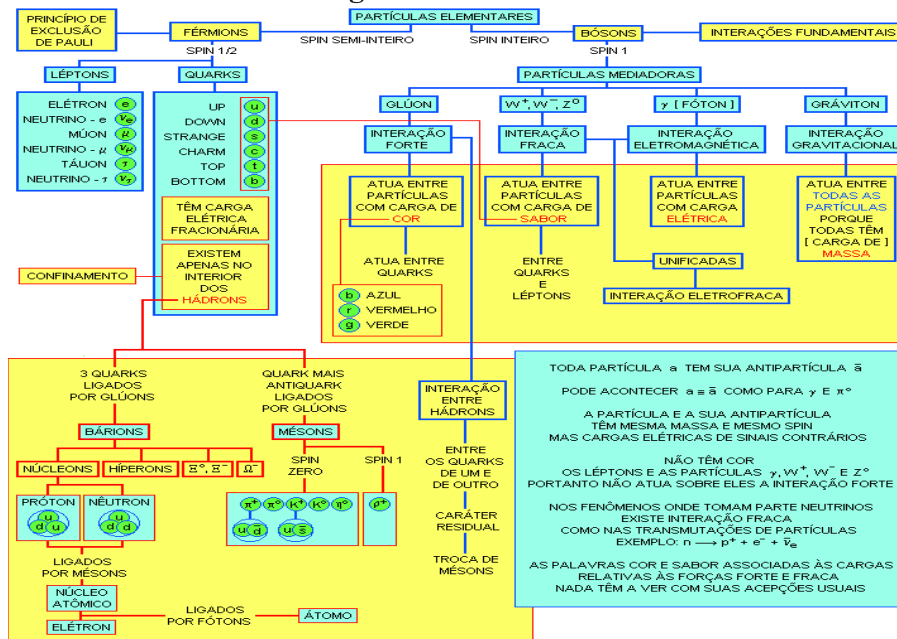
Tema: Sistematização do Conhecimento

Duração da atividade: 100 min

Prof. Hudson Batista da Silva

A retomada das atividades de forma organizada é fundamental. Sugiro que os estudantes sejam orientados a analisar, como ponto de partida, os pôsteres que constam na Figura 42, extraídos de.

Figura 42 e 43: Pôsteres



### Modelo Padrão de PARTÍCULAS FUNDAMENTAIS E INTERAÇÕES

O Modelo Padrão resume a atual compreensão do Reino de Partículas. É o teoria Quântica que inclui as interações fortes, eletromagnéticas, fracas e gravitacionais, entre outras. Baseado sobre o Modelo Padrão.

**FÉRMIONS** Constituintes da matéria (spin = 1/2, 3/2, 5/2, ...)

Léptons - spin 1/2				Quarks - spin 1/2			
Sabor	Massa (GeV)	Carga Elétrica	Spin	Sabor	Massa (GeV)	Carga Elétrica	Spin
$e^-$	0.000511	-1	1/2	u	0.0023	2/3	1/2
$\nu_e$	< 0.000001	0	1/2	d	0.0047	-1/3	1/2
$\mu^-$	0.105658	-1	1/2	c	1.28	2/3	1/2
$\nu_\mu$	< 0.000001	0	1/2	s	0.17	-1/3	1/2
$\tau^-$	1.776838	-1	1/2	b	4.18	-1/3	1/2
$\nu_\tau$	< 0.000001	0	1/2	t	173.1	2/3	1/2

**BÓSONS** Portadoras de força (spin = 0, 1, 2, ...)

Nome	Massa (GeV)	Carga Elétrica	Spin	Massa (GeV)	Carga Elétrica	Spin
$\gamma$ fóton	0	0	1	$\pi^0$	0.135	0
$W^+$	80.4	+1	1	$\rho^0$	0.77	0
$W^-$	80.4	-1	1	$\omega$	0.78	0
$Z^0$	91.187	0	1			

**Estrutura interna de ÁTOMO**

**Propriedade das Interações**

Interação	Gravitacional	Fraca	Eletromagnética	Forte
Alcance	Infinito	~10 <sup>-16</sup> m	Infinito	~10 <sup>-15</sup> m
Intensidade	Muito fraca	Fraca	Muito forte	Muito forte
Portadores	Graviton	$W^+, W^-, Z^0$	$\gamma$	Glúons

**Materia e Antimatéria**

**Figuras**

Fonte: <http://professorandrebarbosa.blogspot.com.br/2012/08/particulas-fundamentais-e-interacoes.html>

(2016)

Os estudantes podem elaborar pôsteres e uma discussão em grupo pode ser implementada. Outra forma é uma exposição dialogada. Os slides, a seguir, foram apresentados aos alunos deste estudo:

**QUIZ!!!**

Quem foi o primeiro a identificar os elementos básicos como terra, ar, fogo e água?

O pensador grego Empédocles foi o primeiro a classificar os elementos como fogo, ar, terra e água, embora hoje diagrama seja em homenagem à classificação de Mendeleev.



Quem descobriu os átomos? Fogo, ar, água e terra (Empédocles)

**O átomo é elementar?**

- Por volta de 1900 começaram nos átomos como bolas permissas com pequenas quantidades de carga elétrica liberada elementarmente.
- Os átomos foram classificados em grupos que compartilham propriedades químicas similares (como na Tabela Periódica da Gamow).
- Isso indica que os átomos em compostos de simples átomos de construção, e que essas átomos em diferentes combinações é que determinam que átomos tenham as propriedades químicas.
- Além disso, esperava-se que átomos de um elemento quando sondados por partículas irradiavam que os átomos tinham estrutura e que não eram somente bolas permissas. Isso esperava-se evidências em átomos e átomos que os átomos têm um núcleo rico em prótons, próximo a uma nuvem de elétrons negativos (e).

**QUIZ!!!**

O termo "átomo" é uma expressão errada. Por que?

Em grego a palavra átomo ("atomos") significa "que não pode ser dividido". Mas as entidades que são chamadas de átomos são feitas de partículas mais elementares.

**Teoria Atômica**

1. Teoria de Dalton
2. O modelo atômico atual
3. Teoria de Thomson
4. Modelo Atômico de Bohr
5. Teoria de Rutherford
6. Teoria de Bohr



Átomo Atômico - Bohr  
Estrutura Atômica - Dalton

**1. O Átomo navegável de Dalton**

Em 1808, Dalton propôs a teoria do modelo atômico, após o átomo e a ideia de uma matéria sólida, impenetrável, indestrutível, indivisível, não criada e não destruída. Tudo no mundo de um mesmo material é feito de átomos. São moléculas átomos (ou átomos) de moléculas átomos de base de átomos.

Disponibilizado por: [Mônica da Brito](#)

- Átomos de diferentes elementos possuem propriedades diferentes entre si.
- Átomos de um mesmo elemento possuem propriedades químicas e físicas semelhantes.
- Átomos não podem ser criados, nem destruídos e sofrem transformações de estado.
- As moléculas, portanto, os átomos permanecem inalteradas.

**2. O Átomo na visão de Thomson**

O modelo atômico de Thomson (1904) propõe que o átomo não fosse mais como uma esfera sólida (John Dalton), mas um um fluido com carga positiva (homogênea e gases elétricos) no qual estavam dispersas (de maneira homogênea) as cargas elétricas. Poderia fazer a analogia desse modelo atômico com um "bolacha" ou com um pudim recheado de uvas passas, em que a massa do pudim seria a positiva e as passas seriam as partículas negativas.

O modelo atômico foi chamado de "bolacha" ou "Pudim de Damásco".



**3. O Átomo navegável de Rutherford**

O modelo atômico de Rutherford, ficou conhecido como modelo planetário do átomo. Segundo esta teoria, o átomo seria um núcleo positivo (que seria muito pequeno em relação ao todo) mas seria grande massa e se movia muito rápido (que descrevem órbitas helicoidais em alta velocidade, que são chamadas de órbitas atômicas). A eletrização (isto é, a carga elétrica) seria feita de elétrons (que são muito mais pequenos que o núcleo atômico, e seria feita de um espaço vazio).



**4. O Átomo navegável de Bohr**

O conceito desenvolvido pelo Bohr significava o modelo proposto por Rutherford, formulando sua teoria sobre distribuição e movimento dos elétrons. Baseado na teoria quântica proposta por Planck, Bohr elaborou as seguintes ideias:

- Os elétrons descrevem em redor do núcleo órbitas circulares, chamadas de camadas eletrônicas, com energia constante e determinada. Cada órbita permitida para os elétrons possui energia diferente.
- Os elétrons só se movimentam numa camada, não absorvem nem emitem energia espontaneamente.
- As mudanças de energia, o elétron pode saltar para outra órbita, emitindo energia. Essa forma, o átomo faz radiação, pois o elétron tende a saltar para níveis inferiores. Quando o átomo volta à sua órbita original, emite energia que foi absorvida em forma de luz colorida.

**4. O modelo atômico atual**

Teoria Atômica

Desenvolvida por Niels Bohr (1913) para explicar a estabilidade dos átomos (já que segundo a física clássica, os elétrons em movimento devem emitir radiação e perder energia, o que os levaria a cair no núcleo). Bohr introduziu o conceito de órbitas permitidas (níveis de energia) e postulou que os elétrons só podem ocupar essas órbitas.

O modelo atômico atual é baseado na mecânica quântica e descreve os elétrons como partículas com propriedades ondulatórias.

Modelo Atômico de Sommerfeld (1916)

As ideias de Niels Bohr, Sommerfeld explicou que os elétrons de um mesmo nível, ocupam órbitas de diferentes formas (circular e elíptica) e que descrevem as subníveis, que podem ser de quatro tipos: s, p, d, f.



**Condição de Dirac**

Em 1928, Paul Dirac mostrou, através de uma equação matemática que "unificou" a física clássica com a mecânica quântica e a relatividade especial. Essa equação também prevê a existência de uma partícula-irmã, o pósitron, que é o oposto do elétron em termos de carga elétrica, mas com a mesma massa e spin.

Teoria da Mecânica Ondulatória

Em 1926, Erwin Schrödinger formulou uma nova teoria da "Mecânica Ondulatória" que descreve o comportamento dos elétrons em termos de ondas. Essa teoria também prevê a existência de subníveis de energia e a possibilidade de se encontrar elétrons.



4.1. Partículas livres  
4.2. Um Panorama do modelo atômico

**QUIZ!!!**

Qual é o modelo atômico mais aceito atualmente?

Modelo Quântico

**4.1 Mapa conceitual**



Figura 7 - Mapa conceitual dos modelos atômicos

**4.2 Um Panorama do Modelo Padrão**

O Modelo Padrão da física das partículas é uma teoria que descreve as forças fundamentais: forte, fraca e eletromagnética, bem como as partículas elementares que constituem toda a matéria. Desenvolvido entre 1970 e 1980, é uma teoria unificada da natureza baseada em simetrias matemáticas e na relatividade especial. Para descrever sua estrutura, quantos são os níveis experimentais da física das partículas? O Modelo Padrão é uma teoria completa de interações fundamentais, em primeiro lugar porque não descreve a gravidade.

**4.2.1 Princípio da Exclusão de Pauli**

Princípio de Exclusão de Pauli (1925) afirma que dois elétrons não podem ocupar o mesmo estado quântico simultaneamente. Isso significa que dois elétrons não podem ocupar o mesmo nível de energia, o mesmo orbital atômico ou o mesmo estado quântico.

De acordo com a teoria quântica, os elétrons não são simplesmente partículas, mas também ondas. Isso significa que eles podem interferir entre si.

Princípio de exclusão de Pauli pode ser usado para explicar a estrutura da matéria, a estabilidade dos átomos e a condutividade dos materiais.

**4.2.2 Férmions e Bósons**

Segundo a física quântica, as partículas são divididas em férmions e bósons. Os férmions são partículas com spin inteiro e obedecem ao princípio de exclusão de Pauli. Os bósons são partículas com spin inteiro e não obedecem ao princípio de exclusão de Pauli.

Os férmions são responsáveis por formar a matéria. Um exemplo clássico é o elétron. Os bósons são responsáveis por transmitir as forças fundamentais. Um exemplo clássico é o fóton.

Os férmions são partículas com spin inteiro e obedecem ao princípio de exclusão de Pauli. Os bósons são partículas com spin inteiro e não obedecem ao princípio de exclusão de Pauli.

Os férmions são responsáveis por formar a matéria. Um exemplo clássico é o elétron. Os bósons são responsáveis por transmitir as forças fundamentais. Um exemplo clássico é o fóton.

Os férmions são partículas com spin inteiro e obedecem ao princípio de exclusão de Pauli. Os bósons são partículas com spin inteiro e não obedecem ao princípio de exclusão de Pauli.

Os férmions são responsáveis por formar a matéria. Um exemplo clássico é o elétron. Os bósons são responsáveis por transmitir as forças fundamentais. Um exemplo clássico é o fóton.

**4.2.3 Quarks**

Quarks são um tipo de partícula de matéria. O modelo padrão da física prevê a existência de seis tipos de quarks: up, down, strange, charm, top e bottom. Os quarks são partículas elementares que constituem toda a matéria. Eles são combinados para formar prótons e nêutrons.

Os quarks são partículas elementares que constituem toda a matéria. Eles são combinados para formar prótons e nêutrons.



Quarks são as peças mais fundamentais da matéria e são combinados para formar prótons e nêutrons. Os quarks são partículas elementares que constituem toda a matéria. Eles são combinados para formar prótons e nêutrons.

**4.2.4 Bárions e Mésons**

Os bárions são partículas compostas por três quarks. Os mésons são partículas compostas por um quark e um antiquark.

Os bárions são partículas compostas por três quarks. Os mésons são partículas compostas por um quark e um antiquark.

Os bárions são partículas compostas por três quarks. Os mésons são partículas compostas por um quark e um antiquark.

**QUIZ!!!**

Qual (quais) é (são) a (s) partícula (s) elementar (es) de acordo com o Modelo Padrão?

Léptons e quarks.

**4.2.5 Interações fundamentais**

As interações fundamentais são as forças que governam o comportamento da matéria. Elas são: gravitacional, eletromagnética, forte e fraca.

As interações fundamentais são as forças que governam o comportamento da matéria. Elas são: gravitacional, eletromagnética, forte e fraca.




As interações fundamentais são as forças que governam o comportamento da matéria. Elas são: gravitacional, eletromagnética, forte e fraca.

**4.2.5 Interações fundamentais**

As interações fundamentais são as forças que governam o comportamento da matéria. Elas são: gravitacional, eletromagnética, forte e fraca.

As interações fundamentais são as forças que governam o comportamento da matéria. Elas são: gravitacional, eletromagnética, forte e fraca.



As interações fundamentais são as forças que governam o comportamento da matéria. Elas são: gravitacional, eletromagnética, forte e fraca.

### 4.2.3 Quarks

Quarks são um tipo de partícula de matéria. O menor pedaço de matéria que vemos e massa visível não é feita de átomos, os quais são compostos de prótons.

Não são átomos, porque não têm núcleo de prótons e nêutrons. Não são elétrons, porque não têm carga elétrica. São partículas muito pequenas, muito pequenas, muito pequenas. São chamadas de quarks.

Existem 6 tipos de quarks: up, down, strange, charm, top e bottom. Cada um deles tem uma carga elétrica diferente. O up tem carga positiva e o down tem carga negativa.

26

### 4.2.4 Bárions e Mésons.

Os hátons podem ser feitos de bárions e mésons.

- Bárion: são formados por três quarks. Exemplo: próton e nêutron.

- Méson: são formados por um quark e um anti-quark. Exemplo: píon.

27

### QUIZ!!

Qual (quais) é (são) a (s) partícula (s) elementar (es) de acordo com o Modelo Padrão?

• Léptons e quarks.

28

### 4.2.5 Interações fundamentais

As forças fundamentais são: gravidade, eletromagnetismo, interação forte e interação fraca.

As forças fundamentais são responsáveis por manter as partículas unidas e por causar a transformação de uma partícula em outra.

29

Na física de partículas, há quatro interações fundamentais: gravidade, eletromagnetismo, interação forte e interação fraca.

Gravidade: é a mais fraca, mas atua em todas as partículas com massa.

Eletromagnetismo: atua entre partículas com carga elétrica.

Interação forte: mantém os quarks unidos dentro dos prótons e nêutrons.

Interação fraca: responsável por processos como o decaimento beta.

30

### 4.2.6 O bóson de Higgs

O bóson de Higgs é responsável por dar massa às partículas elementares.

Ele é produzido no LHC e detectado em 2012.

31

### 4.2.6 O bóson de Higgs

O bóson de Higgs é responsável por dar massa às partículas elementares.

Ele é produzido no LHC e detectado em 2012.

32

### QUIZ!!

Quais são as forças fundamentais existentes na natureza?

• Força eletromagnética, força nuclear forte, força nuclear fraca e força gravitacional.

33

### QUIZ!!

Quais são as forças fundamentais existentes na natureza?

• Força eletromagnética, força nuclear forte, força nuclear fraca e força gravitacional.

34

### QUIZ!!

Quais são as forças fundamentais existentes na natureza?

• Força eletromagnética, força nuclear forte, força nuclear fraca e força gravitacional.

35

### Participação da Escola CERN-2013

Alunos da Escola participaram do programa de educação em ciência do CERN em 2013.

36

### Obrigado!!

Agradecemos a todos que participaram deste projeto.

37

## **Bibliografia**

ABDALLA, Maria C. B. **O discreto charme das partículas elementares**. São Paulo: Editora da Unesp. 2006.

ALVES, Gilvan. Et al. **O mundo das partículas de hoje e de ontem**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2012.

CARUSO, Francisco. OGURI, Vitor. SANTORO, Alberto. **O que são quarks, glúons, bóson de Higgs, buracos negros e outras coisas estranhas**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2012.

CARUSO, Francisco. SANTOS, Alberto. **Do átomo grego à Física das Interações Fundamentais**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2012.

GARCIA, Nilson M. D. **Nós, professores brasileiros de Física do Ensino Médio, estivemos no CERN**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2015.

GILMORE, Robert. **Alice no País do Quantum**. Rio de Janeiro: Zahar Editores. 1998.

MARTINS, Jader B. **A história do átomo de Demócrito aos Quarks**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna. 2002.

PIRES, Antônio S. T. CARVALHO, Regina P. **Por dentro do átomo – Física de Partículas para Leigos**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2014.

ROSENFELD, Rogério. **O cerne da Matéria**. São Paulo: Companhia da Letra. 2013.

TAVARES, Odilon A. P. **Descobrimo o Núcleo Atômico**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2012.

ZAMBONI, Cibele B. **Fundamentos da Física de Nêutrons**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2007.

Os sítios eletrônicos utilizados estão apresentados ao longo do texto em notas de rodapé.

## Apêndice II

### Termo de Autorização e concordância de imagem e pesquisa

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM  
INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS - IFAM  
MESTRADO PROFISSIONAL DE ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)

#### **TERMO DE AUTORIZAÇÃO E CONCORDÂNCIA DE IMAGEM E PESQUISA**

Eu, \_\_\_\_\_, dou meu consentimento livre e esclarecido para participar como voluntário da pesquisa intitulada “Uma abordagem sobre Física das partículas para alunos do Ensino Médio”, de responsabilidade do pesquisador Hudson Batista da Silva, sob orientação do Prof. Dr. Prof. Dr. Igor Tavares Padilha do Programa de Pós-Graduação Polo 4 IFAM/UFAM no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF).

Informo que esta autorização está vinculada ao uso de minha imagem, assim como de materiais entre fotos e documentos. Os dados pessoais dos participantes da pesquisa serão mantidos em sigilo e os resultados obtidos com a pesquisa serão utilizados apenas para alcançar os objetivos do trabalho, incluindo a publicação na literatura científica especializada.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do participante

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador

## Anexo 1

### Questionário aplicado no encontro 1

Questionário sobre partículas elementares e interações fundamentais

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

Data: \_\_\_\_\_

Prezado Aluno,

Este questionário tem por finalidade identificar suas concepções a respeito do tema Partículas Elementares e Interações Fundamentais. Se você não souber a resposta para uma determinada questão, use a alternativa “Não sei”, mas não faça isso por comodidade. A ideia é que você escolha a alternativa que mais se ajuste às suas concepções sobre esse assunto. Portanto, pedimos que não “chute” para ver-se logo livre. Pense um pouco antes de responder.

**1. O que é um átomo?**

- a) A menor porção de matéria que caracteriza um ser vivo.
- b) Uma partícula indivisível formada de prótons, elétrons e nêutrons.
- c) Uma partícula básica da matéria.
- d) A menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico.
- e) Não sei.

**2. O que constitui os átomos?**

- a) Prótons, elétrons e nêutrons.
- b) Léptons e quarks.
- c) Partículas alfa e beta.
- d) Partículas positivas e negativas.
- e) Não sei

**3. O que são prótons?**

- a) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.
- b) Partículas elementares porque são indivisíveis.
- c) Partículas elementares porque possuem carga elétrica +e.
- d) Partículas constituídas por quarks.
- e) Não sei.

**4. O que são elétrons?**

- a) Partículas elementares porque são indivisíveis.
- b) Partículas elementares porque possuem carga elétrica  $-e$ .
- c) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.
- d) Partículas elementares porque sua massa é muito pequena comparada com a do próton.
- e) Não sei.

**5. O que são nêutrons?**

- a) Partículas elementares porque são indivisíveis.
- b) Partículas elementares porque sua carga elétrica é zero.
- c) Partículas elementares porque sua massa é aproximadamente a mesma massa do próton.
- d) Partículas constituídas por quarks.
- e) Não sei.

**6. O que é um modelo atômico?**

- a) Uma representação, construída pelos cientistas, da estrutura dos átomos.
- b) Um modelo tomado como referência para permitir cálculos matemáticos.
- c) Um modelo pensado para átomos de pequeno número atômico.
- d) Um modelo que pode ser pensado esquematicamente.
- e) Não sei

**7. Como um modelo atômico é construído?**

- a) Por meio da imaginação dos cientistas.
- b) Por meio de observações da natureza.
- c) Por meio de observações experimentais.
- d) Integrando-se dados experimentais e teorias que se ajustam.
- e) Não sei.

**8. Qual é o modelo atômico mais aceito atualmente?**

- a) Rutherford.

- b) Thomson.
- c) Bohr.
- d) Quântico.
- e) Não sei.

**9.** O que é uma partícula elementar?

- a) O mesmo que um átomo.
- b) Um conjunto de prótons.
- c) A menor porção de matéria conhecida.
- d) Um conjunto de elétrons.
- e) Não sei.

**10.** Como são detectadas as partículas elementares?

- a) Usando um microscópio.
- b) Por meio de sua observação direta na Natureza.
- c) Por meio de observações indiretas com o auxílio de aceleradores de partículas, câmaras de bolhas, detectores de raios cósmicos, etc.
- d) Com o uso de telescópios especiais.
- e) Não sei.

**11.** O que é um quark?

- a) Uma partícula elementar que constitui a matéria.
- b) Um átomo ionizado.
- c) Uma característica das partículas elementares, assim como a carga elétrica.
- d) Um conjunto de prótons.
- e) Não sei.

## Anexo 2

### Poemas utilizados no encontro 2

#### Poema 1 : Os Lusíadas - Canto VI

[...]

E vê primeiro, em cores variadas,  
Do velho Caos a tão confusa face;  
Vêm-se os quatro Elementos trasladados,  
Em diversos officios ocupados.

Ali, sublime, o Fogo estava em cima,  
Que em nenhuma matéria se sustinha;  
Daqui as coisas vivas sempre anima,  
Depois que Prometeu furtado o tinha.  
Logo após ele, leve se sublima  
O invisível Ar, que mais asinha  
Tomou lugar e, nem por quente ou frio,  
Algum deixa no mundo estar vazio.

[...]

CAMÕES, Luís Vaz de. Os lusíadas. São Paulo: Ateliê, 1998.p.170-171

#### Poema 2 : “A Quarta Parede”

Esta foi a	descoberta
bela e preciosa	que
lição de Bohr	a máquina
e Mann	do mundo
de sua mecânica	flutua
sublime	em mil pedaços
antes maldestra	partículas
hoje tão bela	sabores
como Laura,	(Lauras e
nise e glaura	jasmins também flutuam)
esferas	ínvios
musicantes	mares
de Pitágoras...	e o nada
esta foi	sobrenada
a bela	entre infinitos
e preciosa	infinitos

LUCCHESI, Marco. Poemas Reunidos. Rio de Janeiro: Editora Record, 2000. p. 44-5

### Poema 3: “Modo inaugural”

Na luz deserta  
do primeiro dia  
está quebrada  
a supersimetria  
e assim despontam  
múltiplos destinos  
no mar onipresente de neutrinos... [...]  
as quase borboletas  
e sabores  
de quarks, e de sombras,  
e motores...  
na antemanhã de rosas  
o arrebol e o quase amor que rege o pôr-do-sol [...]  
assim agia **Deus sive natura**  
na zona fria  
da matéria escura  
e o rígido  
combate prosseguia  
do ser e do não ser,  
e ainda prossegue,  
que o nada  
se insinua noite e dia

LUCCHESI, Marco. Poemas Reunidos. Rio de Janeiro: Editora Record, 2000. p. 69-70.

## Apêndice III

### Questionário aplicado no encontro 7

#### **Grupo 1:** Partículas elementares

O Grupo deve analisar e responder as seguintes perguntas, em relação ao filme: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”:

- 6- Identifique a primeira partícula elementar que é apresentada na exposição?
- 7- Como você definiria uma partícula elementar após assistir o filme?
- 8- Como você explicaria a função das partículas elementares na natureza?
- 9- Como você concebe a relação das partículas elementares e a origem do universo?
- 10- Como podemos identificar uma partícula elementar?

#### **Grupo 2:** Modelo Padrão

O Grupo deve analisar e responder as seguintes perguntas, em relação ao filme: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”:

8. O que é o Modelo Padrão?
9. Quais as famílias de partículas que fazem parte do Modelo Padrão?
10. Prótons e nêutrons são partículas elementares? Por quê?
11. Quantos tipos de quarks existem? Justifique-os?
12. E o elétron, qual o seu papel no Modelo Padrão?
13. Quantos tipos de léptons existem? Justifique-os?
14. O que é o fóton? Qual o seu papel no Modelo Padrão?

#### **Grupo 3:** Forças que agem no Universo e seus mediadores

O Grupo deve analisar e responder as seguintes perguntas, em relação ao filme: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”:

- 5- Quais são as forças que agem no Universo? Caracterize-as?
- 6- Quais são os bósons mediadores de cada interação fundamental?

- 7- O que é bóson de Higgs? Qual a hipótese dos cientistas sobre ele?
- 8- Se cargas de mesmo sinal se repelem, como os cientistas explicam que o núcleo atômico (formado por prótons e nêutrons) não se desintegre?

**Grupo 4:** Partículas e antipartículas

O Grupo deve analisar e responder as seguintes perguntas, em relação ao filme: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”:

- 4- O que é antimatéria? Qual a sua relação com as antipartículas?
- 5- O que é simetria? Como podemos reconhecer seu papel no Modelo Padrão?
- 6- As leis do mundo macroscópico e microscópico são as mesmas?

**Grupo 5:** LHC

O Grupo deve analisar e responder as seguintes perguntas, em relação ao filme: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”:

- 5- Você sabe o que é o LHC?
- 6- Onde está localizado o LHC? Por que ele foi construído debaixo da terra?
- 7- Como funciona um acelerador de partículas? Qual é o papel dos detectores nesse equipamento? E o resultado desse experimento, como fazemos sua interpretação?
- 8- O LHC pode causar o fim do mundo por meio de um buraco negro?