



Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Campus de Presidente Prudente

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

---

# **O MIRABOLANTE MUNDO DAS PARTÍCULAS ELEMENTARES: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA PROFESSORES DE FÍSICA**

**OSMAR PEREIRA SILVA JÚNIOR**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 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.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Maria Osorio Araya

**Presidente Prudente**  
**Novembro de 2015**

# **O MIRABOLANTE MUNDO DAS PARTÍCULAS ELEMENTARES: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA PROFESSORES DE FÍSICA**

**OSMAR PEREIRA SILVA JÚNIOR**

Orientadora: Profa. Dra. Ana Maria Osorio Araya

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 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:

---

Prof. Dr.

---

Prof. Dr.

---

Prof. Dr.

**Presidente Prudente  
Novembro de 2015**

## FICHA CATALOGRÁFICA

S581m Silva, Osmar Pereira Junior  
O Mirabolante Mundo das Partículas Elementares : uma sequência didática para professores de física / Osmar Pereira Silva Junior. – Presidente Prudente: [s.n], 2015  
viii, 77 f.: il.

Orientadora: Ana Maria Osorio Araya  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Inclui bibliografia

1. Física de partículas elementares. 2. Sequência didática. 3. Formação de professores. I. Araya, Ana Maria Osorio. II. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. O mirabolante Mundo das Partículas Elementares : uma sequência didática para professores de física.

*“O essencial é invisível aos olhos”  
O pequeno príncipe, Antoine de Saint-Exupéry*

## AGRADECIMENTOS

---

São tantas pessoas para agradecer em poucas linhas que a probabilidade de alguns ficarem anônimos e evidentes é muito grande. Desculpe desde já.

Primeiramente, agradeço a Deus pela oportunidade de estar em um Universo com tantos seres e fenômenos fascinantes.

Agradeço a toda minha família que nunca mediram esforços e sempre apoiaram. Um beijo especial a minha mãe Neusa, meu grande pai Osmar e meu querido irmão Luiz Paulo. Amo muito todos vocês.

Não podia deixar de agradecer e dizer o orgulho e admiração que tenho de trabalhar com outros grandes professores que ultrapassam essa linha de amigos de trabalho e tornam-se amigos/irmãos como Guilherme, Heitor, Nicolas, Pai Léo, Mônica, Genilson, Jairo, etc. Alguns acabam virando mentores né Paulo Fiorato e Liliane?

Queria agradecer aos professores e colegas do Mestrado de Física. Obrigados a todos vocês pela troca de experiências.

Um agradecimento especial aos professores Moacir, professor João Ricardo, professora Clarissa e professor Angel por aceitarem o convite de ser banca da dissertação, auxiliando no melhoramento do trabalho.

A todos meus alunos que ajudam e iluminam o meu caminho fazendo cada vez mais a entender como é apaixonante dar aulas.

Aos meus amigos João, Leandro, Lucas, Nino e companhia por todos esses anos de companheirismo e fidelidade.

Aos grandes amigos de Futebol que durante esse tempo é uma válvula de escape com sua alegria, muitas risadas e perna de pau. É muito bom fazer parte desse time.

Agradeço de coração a professora Ana que teve muita paciência e disponibilidade para Orientar durante dos esses anos. Desculpe deixar você com cabelos brancos, mas ti considero com uma mãe.

Não podia deixar de agradecer a pessoa que ficou do meu lado durante todo esse tempo, ajudando com seus conselhos, coerência, amizade, amor. Sou muito grato por tudo Lika.

Termino agradecendo após algumas lágrimas a toda família Schrödinger que além de dividirmos teto, trocamos experiências, comidas, conhecimentos e momentos de dificuldades. Obrigado a todos vocês meninos.

## RESUMO

---

A pesquisa “*O mirabolante mundo das Partículas Elementares*” tem como objetivo o desenvolvimento e aplicação de uma sequência didática sobre um tema da Física Moderna que se apresenta desafiador para os professores de Física. É um dos temas indicados na proposta curricular de ensino de Física do Estado de São Paulo, mas poucos dados se têm de como ensinar e qual metodologia é mais indicada para que se cumpra com o mínimo do indicativo das propostas de aulas contextualizadas, significativas e dinâmicas. A proposta envolve a construção de uma sequência didática contendo os requisitos apontados pelos pesquisadores da área, especialmente a construção do material e metodologias que auxiliem o professor em exercício e em formação inicial, na sua prática pedagógica sobre o tema Física de Partículas.

**Palavras-chave:** Física de Partículas Elementares; Sequência didática; Formação de professores.

## ABSTRACT

The research "The dazzling world of Elementary Particles" is aimed at the development and implementation of a didactic sequence about a topic of modern physics that presents challenging for teachers of physics. It is one of the themes identified in the proposed curriculum Physical education of the State of São Paulo, but few data have of how to teach and what methodology is best suited for that complies with the minimum indicative proposals contextualized lessons, meaningful and dynamic. The proposal involves the construction of a didactic sequence containing the requirements pointed out by researchers in the field, especially the construction of the material and methodologies that assist the teacher in exercise and initial training in their teaching on the topic Particle Physics.

**Keywords:** Elementary Particle Physics; Didactic sequence; Teacher training;

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

---

FCT: Faculdade de Ciência e Tecnologia

FMC: Física Moderna e Contemporânea

FPE: Física de Partículas Elementares

MP: Modelo Padrão

NEF: Núcleo de Ensino de Física

SD: Sequência Didática

UNESP: Universidade Estadual Paulista

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO 1 – OS REFERENCIAIS TEÓRICOS</b>	<b>15</b>
1.1) <i>CONSIDERAÇÕES SOBRE O ENSINO DE FÍSICA</i>	15
1.2) <i>PARTÍCULAS ELEMENTARES NO ENSINO DE FÍSICA</i>	15
1.3) <i>SEQUÊNCIA DIDÁTICA: MAIS QUE UMA SEQUENCIA DE AULAS</i>	21
<b>CAPÍTULO 2 – PERCURSO METODOLOGICO</b>	<b>23</b>
2.1) <i>UMA OLHADA NO SABER DOS PROFESSORES</i>	23
2.2) <i>UMA OLHADA NOS ALUNOS DA LICENCIATURA EM FÍSICA</i>	24
2.3) <i>TEMPO E CONTEÚDO DA SD: UM DESAFIO</i>	25
2.4) <i>CONSTRUÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA</i>	26
2.5) <i>APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA</i>	27
2.5.1) <i>Aula 1: Modelando Modelos e Escalando Escalas</i>	27
2.5.2) <i>2ªAula: O mirabolante mundo das Partículas Elementares</i>	28
2.5.3) <i>3ªaula: A TV E O LHC</i>	28
2.5.4) <i>4ªAula: Avaliação</i>	29
<b>CAPÍTULO 3- RESULTADOS, DISCUSSÕES E PRODUTO FINAL</b>	<b>30</b>
3.2) <i>Análise dos alunos da licenciatura</i>	33
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>35</b>
<b>REFERENCIAIS</b>	<b>36</b>
<b>APÊNDICE A- ANÁLISE DOS PROFESSORES</b>	<b>39</b>
<b>APÊNDICE B – ANÁLISE DOS ALUNOS DA LICENCIATURA</b>	<b>42</b>
<b>APÊNDICE C - O MIRABOLANTE MUNDO DAS PARTÍCULAS ELEMENTARES UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA PROFESSORES DE FÍSICA</b>	<b>45</b>
<b>Instruções</b>	<b>48</b>

<b>Introdução</b>	<b>49</b>
<b>1.1) O Big Bang: O possível início de tudo!</b>	<b>49</b>
1.1.1) Proposta de atividade 1:	50
<b>1.2) Números de Planck: valores do mundo primordial</b>	<b>51</b>
1.2.1) Como é calculado o espaço e tempo de Planck?	51
1.2.2) Energia de Planck	52
1.2.3) Densidade de Planck	52
1.2.4) Temperatura de Planck	53
1.2.5) Proposta de Atividade 2:	53
<b>1.3) As evidências do Big Bang</b>	<b>54</b>
1.3.1) Expansão do Universo	54
1.3.2) Radiação Cós mica de fundo	56
1.3.3) Abundância de elementos leves	56
 <b><i>AULA 1: MODELANDO MODELOS E ESCALANDO ESCALAS</i></b>	 <b>57</b>
<b>2.1) Atividade Prática</b>	<b>57</b>
<b>2.2) Parte II: Escalando Escalas</b>	<b>59</b>
2.2.1) Proposta de Atividade 3	60
 <b><i>AULA 2: O MIRABOLANTE MUNDO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES</i></b>	 <b>63</b>
<b>3.1) Dos filósofos naturais ao bóson de Petter HIGGS</b>	<b>63</b>
3.1.1) O Trio de Mileto	63
3.1.2) Saindo de Mileto	64
3.1.3) Os atomistas modernos	65
3.1.4) O descobrimento de novas partículas: ordem cronológica	67
<b>3.2) Um pouco mais sobre Partículas Elementares</b>	<b>70</b>
3.2.1) A organização do Modelo Padrão	70
<b>3.3) Partículas elementares e as leis de conservação</b>	<b>73</b>
3.3.1) Conservação da carga elétrica	74
3.3.1.1) Proposta de Atividade 4	75
3.3.2) Conservação de Energia	75
3.3.2.1) Proposta de Atividade 5	76
3.3.3) Conservação de Carga Cor	76
3.3.3.1) Proposta de Atividade 6	77
 <b><i>AULA 3: A TV E O LHC: O MUNDO EM TORNO DAS PARTÍCULAS</i></b>	 <b>78</b>
<b>4.1) Tubo de Raios Catódicos</b>	<b>78</b>
4.1.1) Simulador de tubo de raios catódicos	79
<b>4.2) LHC: A máquina</b>	<b>79</b>

<b>4.3) Como podemos ver o que não podemos ver?</b>	<b>81</b>
4.3.1) O ATLAS	81
4.3.2) O CMS	82
4.3.3) ALICE	83
4.3.4) O LHCb	83
<b>4.4) Game do LHC</b>	<b>83</b>
<b>4.5) Atividade 7 : Buscando respostas</b>	<b>84</b>
<b>4.6) Qual o fato mais impressionante do Universo...</b>	<b>84</b>
4.6.1) Atividade 8: Discutindo um pouco mais.	85
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>85</b>

## INTRODUÇÃO

---

Muitas pessoas questionam sobre como surgiu o Universo, será que o Universo realmente surgiu do Big Bang? Será que algum dia terá um fim? Essas questões, além de colocar em debate pensamentos religiosos e científicos, fazem refletir sobre qual a origem da vida e o papel da ciência nessas discussões.

Esses questionamentos fizeram falta durante todo o meu ensino básico, o que me fez pensar “porque as portas para essas reflexões não foram abertas durante essa fase”? Sendo que deveria ser frequente esse tipo de discussão, principalmente na escola. Reflexões como a do Astrofísico Neil deGrasse Tyson que participou em um dos quadros da revista americana TIME, chamado “10 questions” (10 questões), no qual, foi questionado por um internauta sobre qual era “o fato mais impressionante do Universo”. Tayson, respondeu essa pergunta de maneira surpreendente e fantástica, a sua fala é pouca extensa, só que seria uma perda para o leitor resumir sua resposta, pois, cada palavra tem um fascínio, que está descrita logo em seguida:

“O fato mais surpreendente é saber que os átomos que abrangem a vida na Terra — os átomos que formam o corpo humano — podem ser rastreados aos pontos que cozinham elementos leves, transformando-os em elementos pesados em seus núcleos sob temperaturas e pressões extremas. Essas estrelas, as mais pesadas entre elas, tornaram-se instáveis em seus últimos anos. Elas entraram em colapso e então explodiram, espalhando suas enriquecidas entranhas pela galáxia — entranhas compostas de carbono, nitrogênio, oxigênio e todos os ingredientes fundamentais da vida em si. Tais ingredientes se tornaram parte de nuvens de gás que condensam, entram em colapso, formam a próxima geração de sistemas solares: estrelas com planetas em órbita, e tais planetas agora têm os ingredientes da vida em si. Então, quando eu olho para o céu à noite, eu sei que, sim, somos partes deste Universo, estamos neste Universo. Mas, talvez mais importante que esses dois fatos, é que o Universo está em nós. Quando penso nisso, olho para cima — muitas pessoas se sentem pequenas porque elas são pequenas e o Universo é grande, mas eu me sinto grande, pois meus átomos vieram dessas estrelas. Há um nível de conectividade. Isso é o que você realmente quer na vida: se sentir conectado, relevante, como um participante em acontecimentos e eventos ao seu redor. Isso é precisamente o que somos, simplesmente por estarmos vivos”. (Neil deGrasse Tyson, 2009).

Quando assisti pela primeira vez a um vídeo adaptado com essa resposta de Tayson, contada pelo narrador e dublador Guilherme Briggs, muitas ideias que não se encaixavam em meus pensamentos começaram a fazer sentido, por exemplo, nossos

átomos ainda permaneceram um bom tempo no universo, como podemos ser grandes e pequenos ao mesmo tempo? Além disso, entendi o que significava a série que passava na televisão quando era adolescente, apresentada pelo também astrofísico Marcelo Gleiser, chamado “Poeira das Estrelas”, no qual, citava que somos vestígios de explosões estelares. Além disso, percebi uma grande relação com o tema Física de Partículas Elementares (FPE), atual ramo da Física que procura responder “do que somos feitos?”, buscando entender o Universo.

A relação com tema desta pesquisa vem desde 2009, quando comecei a fazer parte do Núcleo de Ensino de Física (NEF) da Faculdade de Ciências e Tecnologia - Presidente Prudente, um grupo que conta com a participação de professores do curso de Licenciatura em Física da FCT UNESP, alunos da graduação, professores da rede pública de ensino, e alguns colaboradores que estão na pós-graduação em outras universidades e que tem por intenção principal o estudo conjunto dos conteúdos e das metodologias, visando o ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC). Após essa convivência decidi pesquisar o tema mais profundamente o que resultou em uma exposição científica denominada “*As pequenas grandes coisas do universo*” que consta de alguns elementos interativos na forma de pôsteres apresentados em um espaço de ensino não formal e que foi o meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), apresentando em Dezembro de 2012. Dando continuidade na pesquisa em FPE, agora como aluno do Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), procurei realizar uma abordagem diferente, inserindo distintas variáveis no trabalho, amparadas nas novas experiências que obtive no decorrer do meu percurso como professor de física, após a defesa do TCC. Esta experiência acompanhada de aprofundamento teórico possibilitou uma nova visão sobre o tema e principalmente sobre o ensino. Desta forma, o trabalho terá um foco direcionado para a formação de professores e não para a divulgação da FPE, pois, atualmente a FPE é uma realidade presente no Ensino Médio, está inserida em livros didáticos (mesmo de forma “tímida”) e faz parte do Currículo do Estado de São Paulo, 3º ano do Ensino Médio, segundo semestre.

Em umas das oficinas ministradas junto ao NEF, oferecida a professores da Diretoria de Ensino de Santo Anastácio, tivemos a oportunidade de sentir a angústia dos professores em relação ao tema, alguns resultados mais específicos serão comentados em outro momento do trabalho. O que se pode adiantar é que a maior parte dos professores que participaram da oficina não tiveram FPE em sua formação em Física,

aliado a isto tem a falta de tempo para trabalhar o tema em sala de aula e o grau de dificuldade da FPE.

Outro ponto que também deve ser colocado, é que no curso de Licenciatura em Física, da FCT UNESP de Presidente Prudente, o tema é citado no âmbito da curiosidade, não é trabalhado de maneira efetiva como parte das disciplinas da graduação e isto é uma realidade em diversas Universidades.

Nesse contexto a proposta é trabalhar a metodologia para o ensino de FPE, desenvolvendo uma sequência didática (SD) que inclua diferentes ferramentas de ensino, os conhecimentos prévios dos alunos e os conhecimentos obtidos sobre FPE após aplicação da SD. O trabalho consta em duas partes principais, a respostas dos professores em serviço sobre o tema e o desenvolvimento da SD com os professores em formação inicial.

Frente a o exposto a pergunta a ser respondida nesta pesquisa é: Como contribuir para o ensino de FPE com professores em formação? Frente a esta pergunta surgem os objetivos:

### **Objetivo Geral**

Construir uma SD contendo dados e as ferramentas necessárias para que os professores possam utilizar com seus alunos. Para isto será confeccionado um site contendo indicativos de como construir uma sequência Didática detalhada, textos e links relacionados com o tema.

### **Objetivos Específicos**

- Organizar conteúdos e metodologias necessárias ao entendimento da FPE.
- Explicar e justificar os passos necessários para o desenvolvimento da SD e compartilhar as informações por meio de um site de fácil acesso com as informações sobre o tema, links, atualidades e história, material que pode ser utilizado em sala de aula.

Para conseguir explorar todos esses aspectos, a pesquisa foi dividida em quatro capítulos:

-O primeiro capítulo apresenta uma introdução aos apontamentos do governo sobre o ensino de física, apresenta a FPE desde seu início até o presente em um breve resumo da

história do desenvolvimento da FPE, citando alguns trabalhos importantes sobre o ensino do tema e os trabalhos dos pesquisadores, culminando com estudos sobre sequência didática e sua utilização para organizar e construir um aprendizado significativo para ser utilizado pelo futuro professor.

- O segundo capítulo abordará a metodologia empregada para a confecção da sequência didática e a metodologia escolhida para o trabalho em cada um dos momentos que a compõem.
- O capítulo três apresentara os resultados da aplicação da SD e do material confeccionado como contribuição à formação inicial dos futuros professores.
- Finalmente no capítulo quatro se apresentam as conclusões deste trabalho.

## **CAPÍTULO 1 – OS REFERENCIAIS TEÓRICOS**

---

### ***1.1) CONSIDERAÇÕES SOBRE O ENSINO DE FÍSICA***

Atualmente, os documentos que norteiam o sistema de ensino na organização e fundamentação dos projetos nas escolas são as Leis de Diretrizes e Bases (LDB), Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) e o Currículo do Estado de São Paulo, no qual orientam o processo de ensino-aprendizagem no ensino médio, em particular no ensino de Física. Com estas diretrizes, os conteúdos de física passam a ter uma visão voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade (SBF, 2015).

Nas orientações dos PCN+ se destaca que o currículo está sempre em construção e deve ser compreendido como um processo contínuo que influencia positivamente a prática do professor. Com base nessa prática e no processo de aprendizagem dos alunos, os currículos devem ser revistos e sempre aperfeiçoados (BRASIL, 2000).

A leitura dessas diretrizes foi importante para a pesquisa, pois, apontam a necessidade de atualização dos currículos e a inserção de temas atuais com o foco na formação de um cidadão que participe de forma ativa no meio que vive, assim pretendemos ter como base esses dois pontos descritos para elaboração da pesquisa e SD.

No próximo tópico, falaremos sobre como foi inserido a FPE no Brasil e destacaremos alguns trabalhos que foram elaborados a partir dessa necessidade da atualização do currículo de Física.

### ***1.2) PARTÍCULAS ELEMENTARES NO ENSINO DE FÍSICA***

O processo de inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Brasil começou a ser discutida desde 1970, com trabalhos direcionados para as novas perspectivas curriculares (SANCHES, 2006). Em 1980, se consolidou como uma vertente de pesquisa, foi a partir desse período que os pesquisadores questionaram com maior intensidade os conteúdos tradicionalmente ensinados nas escolas. Segundo Sanches:

Esta área de pesquisa se desenvolveu principalmente após a década de 1980, no qual os pesquisadores começaram a constatar a desatualização dos currículos escolares em comparação com o progresso da Física. Esse panorama descontextualizado contribui para que os estudantes não conheçam a revolução que ocorreu na Física desenvolvida após o ano de 1900 e que explica os fenômenos presentes no cotidiano. Portanto, essa modalidade de pesquisa se concentra em desenvolver estratégias e metodologias para inserção desses tópicos no ensino de Física. (SANCHES, 2006, p. 18).

Especialistas da área apontam a inserção da FMC como necessária, para que os jovens possam entender os fenômenos do seu cotidiano, colaborando para o exercício de sua cidadania. Como destaca Terrazzan:

A tendência de atualizar-se o currículo de Física justifica-se pela influência crescente dos conteúdos contemporâneos para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a necessidade de formar um cidadão consciente e participativo que atue nesse mesmo mundo (TERRAZZAN, 1992, p.210).

Pesquisadores em ensino de Física chegaram à seguinte relação de tópicos de FMC que poderiam ser abordados no Ensino Médio, segundo apontado por Ostermann & Moreira (1998):

Efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do Universo, raios-X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, *partículas elementares*, relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular e fibras ópticas. (OSTERMANN & MOREIRA, 2001, p.138).

Um dos tópicos presentes nessa atualização é a Física de Partículas Elementares, mas, qual a importância do tema FPE?

Além do envolvimento pessoal, já citado no início do trabalho, pretendemos destacar outros argumentos que descrevem a importância da FPE no mundo que vivemos. Começamos com uma entrevista da autora Beatriz Alvarenga, no qual, ela cita a importância do tema no currículo:

Os conhecimentos dessa área possibilitam ao estudante certo aprofundamento dos estudos de Cosmologia, levando-o a uma visão mais racional do mundo em que vivemos, a discussões mais equilibradas sobre a origem e o fim do Universo, colaborando para afastamento das crenças e superstições, muito comuns entre os jovens.

O assunto pode ser tratado historicamente, com apresentação das diversas teorias que se sucederam, levando os alunos a perceberem que os conhecimentos científicos não são verdades absolutas (aspecto importante da visão atualizada das ciências).

O sucesso das pesquisas nesta área, altamente dependentes das tecnologias avançadas, que possibilitaram várias descobertas, evidenciaram a interdependência entre o desenvolvimento dos conhecimentos científicos e tecnológicos, sem priorização de um deles (ALVARENGA, 2000).

Os argumentos de Alvarenga são claramente identificados quando falamos sobre FPE. Tanto na elaboração das teorias sobre a constituição da matéria, desde a antiguidade e a explicação da constituição e formação do Universo, até a justificativa sobre o investimento em tecnologia para construção de novos equipamentos e aceleradores de partículas que contribuem para explicar a nossa existência.

Podemos reforçar os argumentos de Alvarenga destacando um trecho do PCN+:

[...] Ao mesmo tempo, evidenciam-se as relações entre o mundo das partículas elementares, assim como os métodos para investigá-lo, com o mundo das estrelas e galáxias. Lidar com modelos de universo permite também construir sínteses da compreensão física, sistematizando forças de interação e modelos microscópicos (SBF, 2015).

É evidente a importância da FPE no mundo atual, principalmente para entender como a ciência está envolvida na sociedade e isso fica nítido nos argumentos de Beatriz Alvarenga e nas perspectivas curriculares. Mas, o que existe sobre o ensino do tema FPE? Qual a dificuldade ou não do ensino do tema? Tentaremos dar uma visão sobre os principais trabalhos sobre FPE publicados até agora.

Os primeiros trabalhos sobre Física de Partículas voltado para o Ensino Médio foram escritos por Ostermann (1999) e novamente Ostermann junto a Cavalcanti em 2001. Esses trabalhos traziam algumas explicações teóricas sobre FPE direcionada para professores. Um desses trabalhos foi o pôster publicado na Revista “Física na Escola” volume 2, n. 1, 2001, (OSTERMANN, 2001), que contém o Modelo Padrão (MP) e algumas instruções de como trabalhar o pôster em sala de aula. O MP da física de partículas é um modelo teórico, ainda em construção, e que apresenta as forças fundamentais entre as partículas. Este modelo se encontra, na forma didática, no pôster apresentado na figura 1.

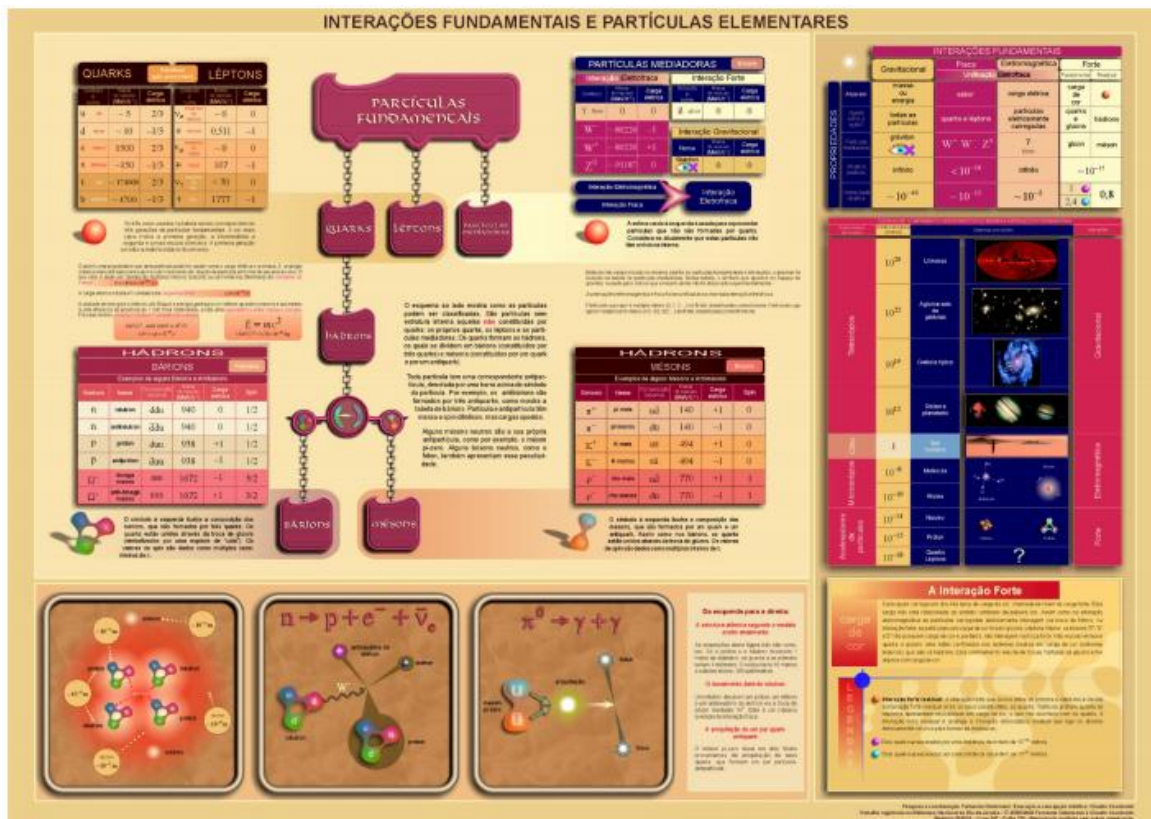


Figura 1- Modelo Padrão (Retirado de “Física na Escola” volume 2, n. 1, 2001)

As maiores partes dos autores dos livros didáticos começaram a inserir a Física de Partículas Elementares por volta do ano 2000, geralmente nos últimos capítulos dos livros didáticos, procurando satisfazer as novas perspectivas educacionais. Segundo Siqueira (2006), em um trecho de sua dissertação:

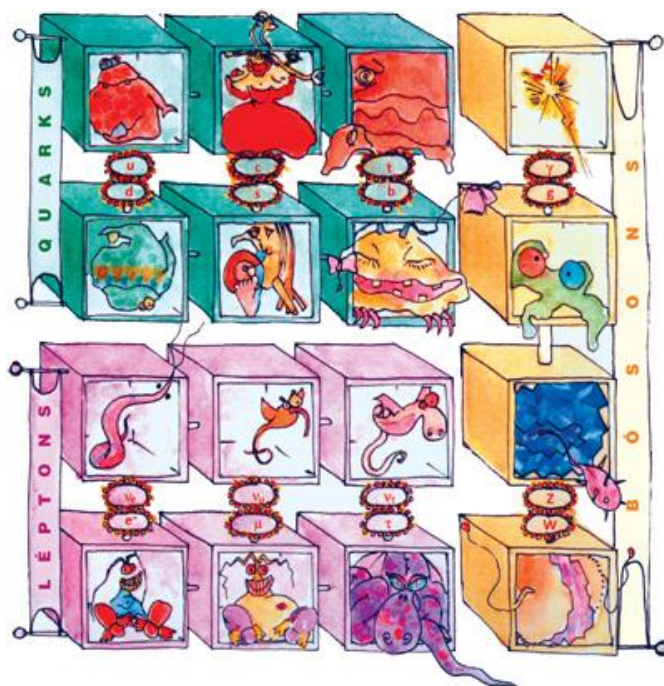
...concluímos que a maioria dos livros tem a maior parte de seu conteúdo sendo trabalhado nos moldes tradicionais dos conteúdos já existentes neles, levando a uma descrição muito superficial da Física de Partículas Elementares, deixando de lado muitos aspectos importantes para a discussão dos conceitos, principalmente a fenomenologia tão rica dessa área. (Siqueira, 2006, pg 94-95).

Podemos perceber que abordagem nos livros didáticos não foi satisfatória, tentando sanar apenas a necessidade do currículo, esquecendo-se de trabalhar os pontos principais da FPE.

No ano 2002 Robert Gilmore publicou o livro “*O mágico dos quarks: física de partículas ao alcance de todos.*” O autor utiliza os personagens da obra “O mágico de Oz” para trabalhar de maneira descontraída conceitos de Física de Partículas Elementares, lembrando que no de 1998 Gilmore também já havia lançado o Livro

“*Alice nos pais do quantum*”, um livro que mistura fantasia e ciência de fácil leitura e que pode ser lido pelos alunos.

Em 2006, a Física Maria Cristina Batoni Abdala, lançou o livro “*O discreto charme das Partículas Elementares*” que é referência para o Ensino de Física de Partículas Elementares no Brasil, inclusive é indicado pelo currículo do Estado de São Paulo. No seu livro Abdala, junto ao desenhista Sergio Kon, ilustrou as partículas de uma forma criativa, com uma leitura agradável, desde a ordem cronológica de descoberta das partículas até os mistérios do Universo. O livro fez tanto sucesso que a autora em parceria com TV Cultura, lançou um filme com o mesmo título do livro. A figura 2, apresenta a família das partículas elementares, com ilustrações de Sergio Kon, e retirada do livro. Podemos observar a classificação em: quarks (caixas verdes), léptons (caixas rosas) e bósons (caixas amarelas).



**Figura 2-** Família das partículas elementares (Retirada do livro “O discreto charme das Partículas Elementares”)

Foram também criados sites para divulgação do tema das Partículas elementares, como “*Aventura das Partículas Elementares*” e “*Estrutura Elementar da Matéria*” traduções de um site inglês, que contém questões podem ser trabalhadas em sala de aula.

A FPE teve grande impacto nas escolas quando passou a ser inserido como parte da Proposta Curricular do Estado de São Paulo, no quarto bimestre, do terceiro colegial, a partir do ano de 2008 (SÃO PAULO, 2008). Hoje, com as novas mudanças de organização do caderno, o tema encontra-se no segundo semestre da terceira série do Ensino Médio, mas o conteúdo continua o mesmo desde 2008. O caderno está dividido em seis situações de aprendizagem para serem trabalhadas em 10 aulas. As seis situações são descritas a seguir:

A primeira consiste em uma pesquisa histórica sobre a concepção de matéria, que os alunos deverão realizar fora do horário de aula. A segunda busca problematizar o papel da ciência no Brasil por meio de reportagens da época que relatam a importância de César Lattes na descoberta do méson-pi. Na terceira, propõe-se uma atividade prática para discutir os métodos de análise de partículas em câmeras de bolhas. A quarta trabalha as reações possíveis em que uma partícula pode se transformar em outra, por meio do uso de linguagem científica. A quinta discute de uma maneira analítica a formação de partículas tendo como base os quarks. A sexta discute por meio de reportagens atuais os experimentos que vêm sendo realizados para o estudo das partículas em aceleradores. (SÃO PAULO, 2008, pg.9).

Esse encaminhamento do caderno do professor propõe que o docente conduza os alunos com o objetivo de construir as seguintes competências e habilidades:

1. Compreender processos de construção de ideias na ciência
2. Utilizar procedimentos e instrumentos de observação
3. Elaborar hipóteses, analisar e interpretar resultados experimentais.
4. Compreender e interpretar os processos de transformação das partículas sob o ponto de vista do seu significado e da sua linguagem científica.
5. Reconhecer a importância social da ciência no Brasil.
6. Debater e argumentar sobre aspectos da tecnologia de comunicação e informação atuais. (SÃO PAULO, 2008, pg.09).

Pode-se ressaltar que o propósito do caderno se encaixa na proposta dos PCN's que foca a formação de indivíduos críticos participantes da sociedade.

Mesmo que nos últimos anos a quantidade de trabalhos sobre Partículas Elementares voltados para o ensino terem aumentado, baseando-se em algumas conclusões tiradas do TCC, vimos que são poucos os trabalhos testados em sala de aula. Isso é relatado por Fernanda Ostermann e Marco Antonio Moreira desde 2000:

“é reduzido o número de trabalhos publicados que encaram a problemática sob a ótica do ensino e, mais ainda, os que buscam colocar, em sala de aula, propostas de atualização.” (OSTERMANN & MOREIRA, 2000, p. 5)

Ou seja, ainda não mudou em relação ao desenvolvimento de trabalhos com aplicação no ensino.

Até o momento, vimos à necessidade de atualização do Currículo de Física e como o tópico FPE está totalmente imerso no que descreve os principais documentos que direcionam o Ensino. A partir disso, houve uma concentração de trabalhos desde pôster, livros de divulgação científica, livros didáticos e principalmente na proposta curricular do Estado de São Paulo. Entretanto, há falta de trabalhos voltados para a formação do professor. Nesse contexto, ressaltamos a importância do nosso trabalho devido aos objetivos almejados.

Em seguida falaremos sobre o que é uma sequência didática deixando clara a sua importância na pesquisa.

### ***1.3) SEQUÊNCIA DIDÁTICA: MAIS QUE UMA SEQUENCIA DE AULAS***

Uma sequência didática (SD) refere-se ao processo de construção organizado de ensino que leva em consideração o contexto histórico, referencial de ensino aprendizagem, público alvo e a relevância do conteúdo a ser aprendido. Segundo Méheut (2005) uma sequência didática apresenta quatro componentes básicos do ensino, que são: o professor, aprendiz, mundo material e o conhecimento científico. Assim, podemos concluir que a sequência didática de acordo com Pais (2002, apud GUIMARÃES; GIORDAN, 2011) *“é formada por certo número de aulas planejadas e analisadas previamente com a finalidade de observar situações de aprendizagem, envolvendo os conceitos previstos na pesquisa didática”* com finalidade de ter significado para o aluno.

Segundo Zabala (1998), sequências didáticas são:

“Um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos (...)”(ZABALA,1998, p.18).

O Ministério da Educação, por meio da Secretaria de Educação Básica, Diretoria de Apoio à Gestão Educacional (2012) apresenta a importância de organizar uma SD:

Ao organizar a sequência didática, o professor poderá incluir atividades diversas como leitura, pesquisa individual ou coletiva, aula dialogada, produções textuais, aulas práticas, etc., pois a sequência de atividades visa trabalhar um conteúdo específico, um tema ou um gênero textual da exploração inicial até a formação de um conceito, uma ideia, uma elaboração prática, uma produção escrita (BRASIL, 2012, p-21)

A proposta aqui apresentada converge com as colocações dos referenciais apresentados, principalmente com as colocações da Secretaria de Educação Básica, pois:

- Visamos trabalhar um conteúdo específico
- São realizadas atividades práticas
- Existe uma pesquisa individual e coletiva por meio da leitura de textos, atividades colaborativas e diferenciadas.

As atividades que fazem parte da sequência são ordenadas de maneira a aprofundar o tema que está sendo estudado e são variadas em termos de estratégia: leituras, aula dialogada, simulações computacionais, experimentos, etc. Assim o tema será tratado durante um conjunto de aulas de modo que o aluno se aprofunde e se aproprie dos temas desenvolvidos.

Segundo Zabala (1998) sequências didáticas são

*“um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos (...)”(ZABALA,1998 P.18)*

As sequências didáticas (SD) contribuem com a consolidação de conhecimentos que estão em fase de construção e permitem que progressivamente novas aquisições sejam possíveis, pois a organização dessas atividades prevê uma progressão modular, a partir do levantamento dos conhecimentos que os alunos já possuem sobre um determinado assunto, conforme Brasil (2012, p.20).


Então, qual o ponto de partida para fazer uma sequência didática que contemple conteúdos de FPE e esteja ao alcance dos professores de física? Isto será respondido no próximo capítulo.

## CAPÍTULO 2 – PERCURSO METODOLOGICO

Consideramos este capítulo, o mais importante do trabalho, pois nele tenta-se unir as ideias gerais colocadas no capítulo anterior. O intuito é pontuar os principais fatores que influenciaram o desenvolvimento da sequência didática. Primeiro falaremos sobre duas pesquisas prévias que foram realizadas que foram determinantes para escolha do público alvo e de como seria a estrutura da sequência didática. Na última parte do capítulo descreveremos a sequência didática e como foi sua aplicação junto aos alunos da licenciatura em Física da FCT UNESP.

### 2.1) UMA OLHADA NO SABER DOS PROFESSORES

Em 2014, tivemos a oportunidade de participar de uma oficina pedagógica realizada na Diretoria de Ensino de Santo Anastácio, cidade próxima a Presidente Prudente. Esta oficina foi solicitada pela Professora Coordenadora do Núcleo Pedagógico (PCNP) de física. O objetivo foi apresentar aos 20 professores participantes, possibilidades de ensinar Física de Partículas e obter dados sobre o estado do conhecimento deles frente aos desafios que apresenta o currículo do Estado de São Paulo sobre este tema. Foram elaboradas sete perguntas com o intuito de levantar os conhecimentos destes professores. As questões aplicadas se encontram na tabela a seguir, ressaltando que algumas questões apresentaram mais de uma alternativa.


<p><b><u>Orientação pedagógica sobre Física de Partículas</u></b></p> <p><b><u>QUESTIONÁRIO</u></b></p> <p><i>Prezados professores: este questionário tem por finalidade conhecer as concepções e as expectativas de vocês em relação à Orientação Pedagógica sobre Física de Partículas. Pedimos, por gentileza, que respondam as seguintes questões:</i></p>
<p>1. Qual a sua formação inicial?</p> <p>( ) Física ( ) Química ( ) Biologia ( ) Matemática ( ) Outra</p>
<p>2. Qual foi seu contato com o conteúdo de “Física de Partículas”?</p> <p>( ) a – Na Universidade/Faculdade</p> <p>( ) b – Em um curso/oficina de formação continuada</p> <p>( ) c - Por meio do currículo (livros didáticos e/ou cadernos SEE/SP)</p> <p>( ) d – Nunca tive contato com o assunto/tema</p>
<p>3. Em sua opinião, a “Física de Partículas” esta associada com:</p> <p>( ) a - A luz, pois ela é composta por “grãos de energia”</p>

- b – Com o núcleo do átomo  
 c – Com o núcleo do átomo e o elétron  
 d – Com o elétron, pois ele tem características corpusculares
4. Você já trabalhou ensinando o conteúdo de Física de Partículas?
- a – Não, pois não estava na ementa do curso  
 b – Não, embora estava na ementa do curso, não deu tempo  
 c – Sim, apenas os conceitos básicos, uma vez que é um conteúdo complexo  
 d – Sim, cumpri o que estava no programa
5. Você considera importante a inserção do conteúdo de Física de Partículas no Ensino Médio?
- a – Não, pois é um conteúdo abstrato e que não faz parte do cotidiano do aluno  
 b – Não, pois considero um tema muito difícil para professor/aluno  
 c – Sim, mas considero outros conteúdos mais importantes  
 d – Sim, acho que a Física de Partículas é fundamental para o aluno entender o mundo em que ele vive
6. Quais as dificuldades em ensinar Física de Partículas no Ensino Médio?
- a – Não há interesse dos alunos  
 b – É muito difícil preparar as aulas  
 c – O material didático é ruim ou inexistente  
 d – É abstrato e não tem como fazer experiências em sala de aula
7. Qual sua expectativa em relação à Orientação Pedagógica sobre Física de Partículas?
- a – Conhecer mais sobre o assunto  
 b – Buscar novas metodologias para se trabalhar em sala de aula  
 c – Conhecer um pouco mais um dos conteúdos que faz parte currículo  
 d – Cumpri as horas de participação, pois este conteúdo não me interessa
- Muito obrigado pela sua participação!***

**Tabela 1-** Questionário aplicado a professores da Diretoria de Ensino de Santo Anastácio

## **2.2) UMA OLHADA NOS ALUNOS DA LICENCIATURA EM FÍSICA**

A outra pesquisa realizada foi sobre os conhecimentos prévios de seis alunos do segundo ano da Licenciatura em Física da FCT UNESP de Presidente, durante a disciplina de Física III. Para isso, optamos por um questionário com 10 questões dissertativas (Tabela 2), simples e objetivas, contendo perguntas que abrangem várias situações dentro da Física de Partículas, como, pensamentos sobre a constituição da matéria, algumas leis de conservação, acelerador de partículas, etc.

**“O mirabolante mundo das Partículas Elementares”**



**Questionário: em busca dos conhecimentos prévios**

**Por favor, responda brevemente as seguintes questões:**

- 1-Do que são feitos?
- 2-Quais principais teorias que existem e já existiram sobre a composição da matéria? Relate alguns pensamentos.
- 3- Qual o procedimento usado pelos cientistas na elaboração de teorias e modelos? O que precisa uma teoria para ser “aceita”?
- 4- Como a teoria do Big Bang descreve a criação do Universo? Segundo esse modelo qual a idade do Universo e como os cientistas estimam esse tempo?
- 5- Cite algumas conservações existentes em alguns fenômenos físicos.
- 6- Segundo o modelo atômico qual é a sua constituição?
- 7-Existe elementos “mais fundamentais”, existente no átomo?
- 8- Você já ouviu falar sobre modelo padrão? Em que lugar? Caso tenha ouvido, descreva brevemente o que você entendeu.
- 9- O que é necessário para acelerar elétron, por exemplo?
- 10- Qual o papel principal de investimos em tecnologias, experimentos, para sociedade? Será apenas curiosidade do ser humano, por exemplo, entender a “intimidade” do átomo e das galáxias?

***Muito obrigado pela participação***

**Tabela 2-** Questões dissertativas aplicadas aos alunos do segundo ano da Licenciatura em Física

Com as informações das pesquisas prévias conseguimos definir qual seria o nosso público alvo, que até então era uma das primeiras dificuldades do trabalho, pois estávamos com dúvidas em trabalhar a SD no ensino médio, no curso de formação de professores oferecido pela Diretoria de Ensino ou no curso de Licenciatura em Física.

Após algumas reflexões e análise das respostas dos questionários, optamos em direcionar a SD aos alunos do curso de Licenciatura em Física da FCT UNESP de Presidente Prudente, procurando consolidar o tema no curso, já que o conteúdo não se encontra nas disciplinas da grade curricular do curso. Outro motivo levado em consideração foi acreditarmos ser mais eficiente atuar na formação inicial dos professores do que ir continuamente aplicar a SD no EM, já que pela lógica esses futuros profissionais serão professores e poderão utilizar esse conhecimento adquirido em suas aulas.

### **2.3) TEMPO E CONTEÚDO DA SD: UM DESAFIO**

Uma das condições que foi levada em consideração na elaboração da sequência é o tempo para trabalhar o tema, junto a isso: “quais conteúdos que é importante ser

abordado para que sirva de base para formação inicial?”. Já que tanto na graduação como nas escolas, o tempo e o conteúdo são fatores limitados. Ou seja, pretendemos elaborar uma SD que concilie de forma efetiva conteúdos e metodologia em um curto intervalo de tempo. Procuramos também levar em conta as experiências vividas durante este tempo de pesquisa, participação em oficinas, lecionando, realizando leituras dos livros para a elaboração da sequência didática e principalmente tentando relacioná-la com o conteúdo do Caderno do Aluno do programa São Paulo Faz Escola, Currículo Oficial do Estado de São Paulo.

#### **2.4) CONSTRUÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

A Sequência didática foi trabalhada na disciplina de Instrumentação em Ensino de Física com alunos do quarto ano do curso de Licenciatura em Física da FCT. A escolha dessa turma foi por alguns alunos terem participado do questionário prévio, disponibilidade de horário oferecida pelo professor da disciplina e a relação de alguns temas pertencentes ao conteúdo programático da disciplina de instrumentação com a Física de Partículas Elementares como, por exemplo, métodos científicos e Física Moderna. Após todo esse caminhar desenvolvemos a sequência didática em quatro encontros. Um esboço do que foi desenvolvido se encontra na tabela .

<b>Nº e nome do Encontro</b>	<b>Resumo do que foi Trabalhado</b>	<b>Atividades realizadas</b>	<b>Tempo de atividade</b>	<b>Tempo de participação ativa dos estudantes</b>
<b>1º Encontro- “Modelando Modelos e Escalando Escalas”</b>	Discussão sobre a teoria do Big Bang e suas evidências, em seguida por meio de um experimento com microondas trabalhamos a dificuldade de montar um modelo e fechando o encontro foi possível debater a importância das escalas na análise dos fenômenos na física.	Experimento da Pipoca e passeio nas escalas no site The Scale of the Universe 2 ( <a href="http://htwins.net/scale2/lang.html">http://htwins.net/scale2/lang.html</a> )	2h:50min	1h:25min
<b>2º Encontro- “O mirabolante mundo das Partículas Elementares”</b>	Foi realizada uma pesquisa dos principais pensamentos dos alunos sobre concepção da matéria, exploramos o modelo padrão das partículas elementares e as leis de conservação que permeiam as partículas.	Pesquisa da linha do tempo sobre as leis e teorias de constituição da matéria.	2h:50min	1h

<b>3° Encontro- “A TV e o LHC”</b>	Comparação sobre o funcionamento básico do LHC e a TV, em seguida, curiosidades, aspectos políticos sobre o LHC.	Simulação do funcionamento da TV, Game do LHC e vídeo “qual o fato mais impressionante do Universo”.	2h:50min	1h
<b>4°-Encontro- “Avaliação”</b>	Os alunos tiverem 1 hora para planejar uma sequência didática para apresentar.	Apresentação de Seminários	2h:50min	2h

**Tabela 3- Conteúdo da sequência didática**

## **2.5) APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

Em todos os encontros utilizamos apresentações no Power Point, só que eram utilizadas como forma de organização das aulas. Em seguida descrevemos um resumo de cada encontro e atividade realizada na SD.

### **2.5.1) Aula 1: Modelando Modelos e Escalando Escalas**

No primeiro encontro demos ênfase no que seria uma sequência didática e o que trabalharíamos durante os quatro encontros, quais eram os objetivos do trabalho, a importância da sequência didática para formação inicial e no ensino de Física de Partículas Elementares. Após essa visão geral, o diálogo teve como foco a teoria do Big Bang, esclarecendo que se tratava de uma teoria e por isso seria mais adequado falar sobre “possível início de tudo”.

Continuando, foi decidido esboçar uma linha do tempo no quadro negro, onde, destacamos alguns intervalos de tempo importantes após o Big Bang, comentando as principais características desses intervalos e que as partículas estavam todas separadas nos primeiros instantes do Universo. No fim dessa introdução foi calculado o tempo, energia, densidade e temperatura do universo primordial finalizando com o cálculo da idade do Universo.

Em seguida, foi analisado como é possível o homem saber de todos esses números, teorias, modelos, buscando fazer uma ligação com a próxima parte da aula, denominada “modelando modelos”. Para essa atividade prática, que foi denominada de acelerador de pipocas, os alunos foram separados em três duplas. Seguindo o roteiro

apresentado na tabela 3, após realizar esse experimento analisamos o que essa atividade colaborou na construção do conhecimento. Finalizando esta parte do primeiro encontro, explanamos o site sobre escala do universo, fazendo uma reflexão sobre como “podemos ser pequenos e grandes ao mesmo tempo”, a importância da análise das escalas no estudo da Física, sempre referindo a exemplos presentes na física, como a Mecânica de Newton e a Relatividade de Einstein.

### ***2.5.2) 2ª Aula: O mirabolante mundo das Partículas Elementares***

Na segunda aula, começamos resgatando a simulação das escalas, fazendo um passeio a partir da escala dos prótons, mostrando que a Física de Partículas inicia os estudos a partir dessa escala. Em seguida questionamos “como o homem chegou até esse conhecimento?”. A partir desse ponto concluímos que essa busca pelo entendimento da matéria vem desde a antiguidade com os primeiros filósofos da natureza. Nesse contexto, foram disponibilizados livros, computadores e uma lista com nomes dos principais filósofos e atomistas modernos. O intuito era que os alunos pesquisassem as ideias dos pensadores contidos nessa lista, no fim da atividade se fez uma exposição sucinta na lousa ou em slides desses pensadores. Após a apresentação dos alunos, foi colocado no quadro negro o nome de todas as partículas elementares, realizando uma explicação cronológica das partículas a partir da descoberta do elétron até o bóson de Higgs, no qual, comentamos as principais características das partículas que formam o Modelo Padrão.

Para finalizarmos a aula, o último conceito trabalhado foram as leis de conservação que regem o mundo das partículas elementares, como carga elétrica, carga cor, energia e quantidade de momento. Nesse momento, foram realizados alguns cálculos e resolução de exercícios presentes no Currículo do Estado de São Paulo, quarto bimestre, do terceiro colegial. A aula foi finalizada pedindo para os alunos um resumo do segundo encontro.

### ***2.5.3) 3ª aula: A TV E O LHC***

Na terceira aula, foi trabalhado com os alunos de que temos ou tínhamos um acelerador de partículas em casa, o antigo televisor de tubo. Utilizando uma simulação

mostramos experimento digital o funcionamento do televisor de raios catódicos. Após essa demonstração começamos a falar do LHC, o maior acelerador de Partículas já arquitetado pelo homem na atualidade. Foram citadas as características técnicas do LHC e dos quatro detectores instalados no anel de 27 km que servira para desvendar alguns dos mistérios do Universo. Finalizamos a fala sobre o LHC trabalhado com os alunos um jogo virtual que descreve os conceitos básicos para o funcionamento do acelerador. Em seguida, foram realizados alguns exercícios que caíram em vestibulares tratando o tema Física de Partículas e por fim discutimos sobre a parte política do LHC com as perguntas “Será que todo esse investimento é necessário, com tantas pessoas vivendo com dificuldade extremas?” “Esse conhecimento é só para sanar a curiosidade humana?”. A última atividade da SD foi passar um vídeo sobre “qual o fato mais impressionante do Universo” de Neil de Grasse Tyson” (o mesmo vídeo citado no início do trabalho), com intuito de fazer uma reflexão sobre a importância do tema.

#### ***2.5.4) 4ª Aula: Avaliação***

No quarto e último encontro, procuramos avaliar a SD, no qual disponibilizamos o tempo de uma hora e meia para os alunos preparar uma SD e apresentar no final da aula destacando como poderia ser trabalhado o tema físico de partículas elementares no ensino médio, baseando-se no que foi apresentado nos três últimos encontros.

## CAPÍTULO 3- RESULTADOS, DISCUSSÕES E PRODUTO FINAL

---

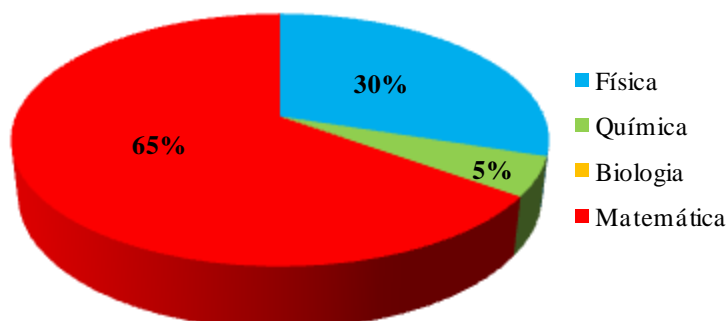
Na coleta de dados e no percurso da pesquisa utilizamos uma abordagem de pesquisa qualitativa de caráter exploratório já que o pesquisador estimula os participantes a pensarem e segundo Dalfovo et al (2008), é utilizada quando se busca percepções e entendimento sobre a natureza geral de uma questão, abrindo espaço para a interpretação. Também segundo Richardson (1989) “podemos partir do princípio de que a pesquisa qualitativa é aquela que trabalha predominantemente com dados qualitativos, isto é, a informação coletada pelo pesquisador não é expressa em números, ou então os números e as conclusões neles baseadas representam um papel menor na análise”.

### 3.1) *Análise geral do professores*

O objetivo foi apresentar aos 20 professores participantes, possibilidades de ensinar Física de Partículas e obter dados sobre o estado do conhecimento deles frente aos desafios que apresenta o currículo do Estado de São Paulo sobre este tema. As respostas foram analisadas e são apresentadas por meio de gráficos das figuras 3 a 6.

**Questão 1:** A primeira pergunta estava relacionada com a formação dos professores de física. **A figura 3** apresenta o gráfico da análise das respostas.

**Figura3: Qual a sua formação inicial?**

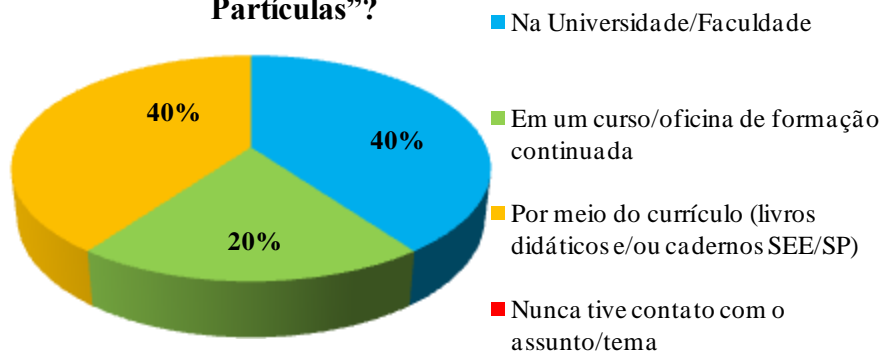


O resultado confirma algo recorrente nas escolas estaduais, no qual, a maior parte dos professores que lecionam aulas de física tem sua formação principal na

disciplina de matemática, como mostra o gráfico, 65% dos professores tem formação em matemática.

**Questão 2:** A **figura 4** apresenta um resultado importante, 40% dos professores tiveram contato com o tema por meio do currículo, ou seja, as diretrizes curriculares são

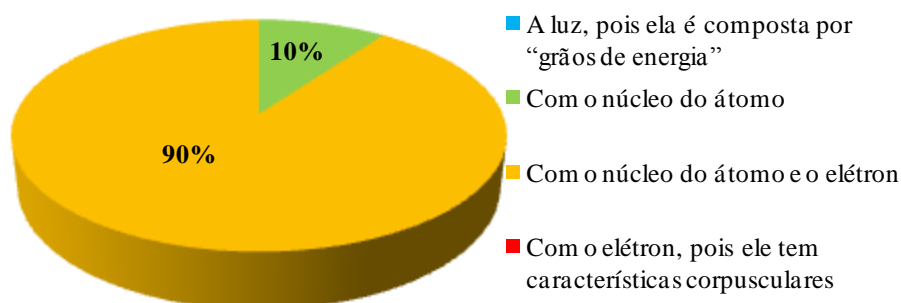
**Figura 4: Qual foi seu contato com o conteúdo de “Física de Partículas”?**



importantes não só como uma diretriz curricular, mas também com um desafio para o professor se atualizar sobre temas da FMC. Os outros 40% dos professores tiveram contato com o tema na universidade, um resultado inesperado, pois, dificilmente cursos de graduação trabalham o tema em sua grade e quando trabalhado é de maneira superficial como curiosidade.

**Questão 3:** As respostas dos professores em relação a associação do conhecimento sobre a FPE indica que podemos trabalhar a partir do conhecimento prévio da composição do átomo.

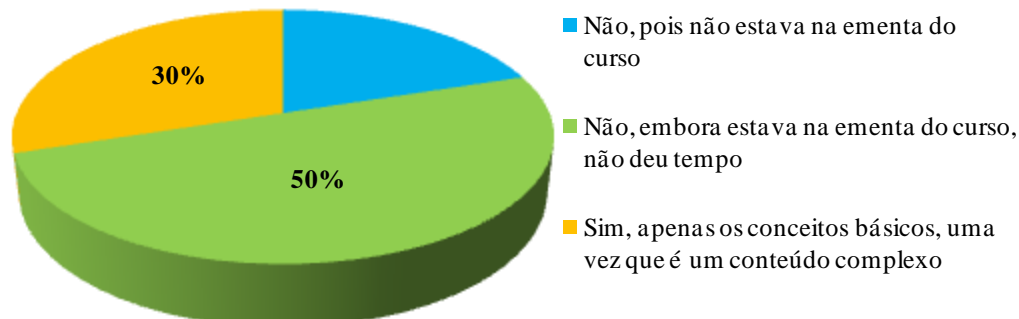
**Figura 5: Em sua opinião, a “Física de Partículas” esta associada com:**



**Questão 4:** A quarta pergunta estava relacionada com o ensino de FPE e as respostas, apresentadas no gráfico da **figura 6**, mostram por um lado a falta de tempo dos professores para preparar suas aulas e por outro lado novamente a importância das

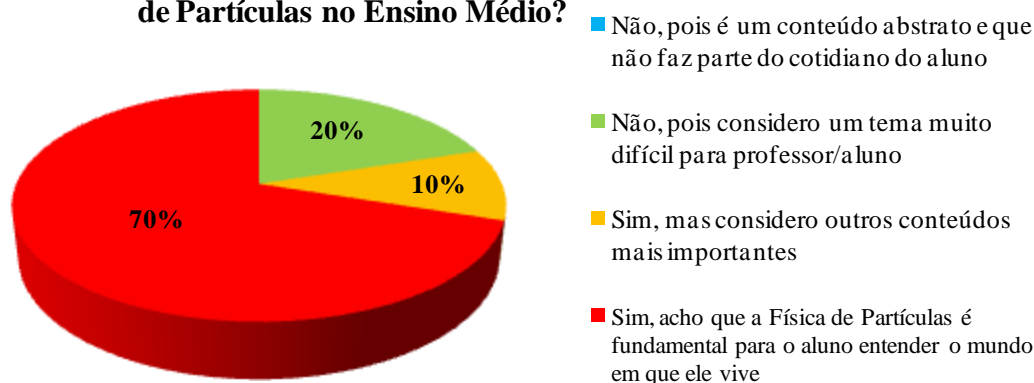
diretrizes curriculares como um desafio para o professor se atualizar sobre temas da FMC.

**Figura 6: Você já trabalhou ensinando o conteúdo de Física de Partículas?**



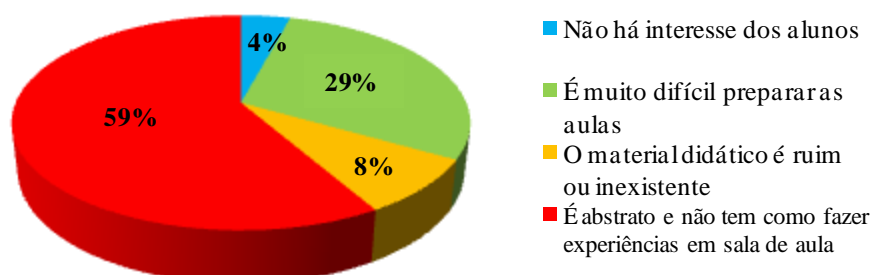
**Questão 5:** Sobre a importância do tema para os professores, podemos observar no gráfico da **figura 7** que 70% dos professores consideram o tema importante, mas os dados também mostram que 30% dos professores citam que tem outros temas importantes. Aqui chegamos a uma pergunta muito importante para os professores, quais os temas mais importantes a serem escolhidos para o ensino de física levando em conta o tempo que o professor tem para preparar e ensinar os diferentes temas da física?

**Figura 7: Você considera importante a inserção do conteúdo de Física de Partículas no Ensino Médio?**



**Questão 6:** Na **figura 8**, apresentamos por meio do Gráfico, quais as dificuldades de ensinar FPE.

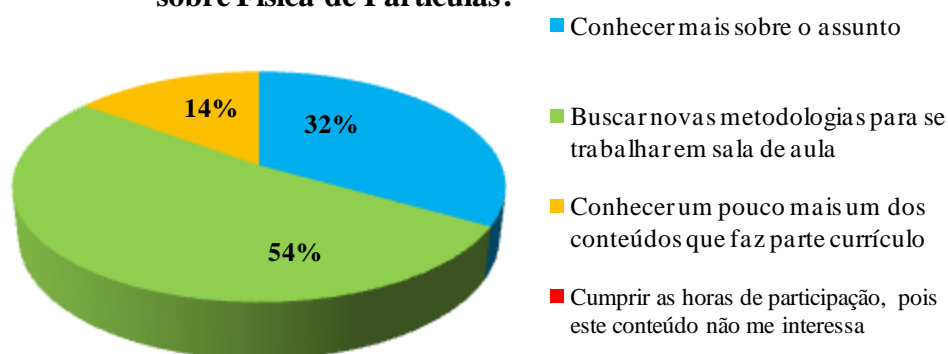
**Figura 8: Quais as dificuldades em ensinar Física de Partículas no Ensino Médio?**



São dados importantes, pois, indicam a necessidade de trabalhar o tema com os professores o que justifica ainda mais esta pesquisa. Esperamos que após os professores lerem este material, os 59% mudem a concepção de “é abstrato e não tem como fazer”.

**Questão 7:** Em relação às expectativas da orientação pedagógica eles estão abertos para estudar novas metodologias, pois aproximadamente 54% dos professores gostariam de conhecer novas metodologias e 32% gostariam de conhecer mais sobre o tema.

**Figura 9: Qual sua expectativa em relação à Orientação Pedagógica sobre Física de Partículas?**



Esses dados foram importantes, pois, concluímos que a maior parte dos professores que estão dando aulas de Física tem a formação em Matemática com habilitação em Física, muitos aprenderam o tema na graduação e em cursos de capacitação de professores, assim, todos sabem que a FPE trata da composição interna do núcleo e interações com as partículas mediadoras. Vimos que 70% dos professores acham importante o tema só que apresentam pouco tempo para expor o tema. Fechando, concluímos que eles vieram no curso atrás de metodologia para explicar o tema em sala de aula.

### 3.2) Análise dos alunos da licenciatura

No apêndice B se encontram as respostas dos alunos do curso. Da análise destas respostas podemos dizer que:

- Não foi realizado um estudo sobre o tema FPE
- Só um aluno reconhece que este tema é importante na formação dos alunos do ensino médio

- Eles conheciam o modelo padrão, mas não os fundamentos e história do surgimento dos modelos atômicos.

- A maioria dos alunos colocaram que em uma teoria primeiro se faz a parte empírica e depois se escreve a teoria, o que não é verdade, principalmente nas pesquisas em FPE.

- Das partículas elementares só tinham, conhecimento dos quarks, o que indica que em uma formação destes futuros professores poderíamos começar deste conhecimento para chegar aos outros elementos do modelo padrão. Da análise foi possível concluir que os alunos tinham apenas um conhecimento superficial do tema, isso, porque o professor da disciplina de Física III comentou na introdução da disciplina sobre o Modelo Padrão e as forças fundamentais.

### **3.3) Produto Final: A SD online**

Como já discutido as duas pesquisas anteriores foi de grande utilidade para definirmos publico alvo, conteúdos abordados, organização de aulas, ou seja, o formato da sequência didática que está no APÊNDICE.

Finalmente como produto desta pesquisa se criou um site que contem todo o material, assim como os endereços e referencias. O Link segue abaixo:

<http://osmarpolo16.wix.com/mnpef>

Consideramos que este site é completo, não existe outro desta forma onde o professor poderá visitar e retirar as informações para sua aula.

A sequência didática apresentada no site contem as atividades realizadas com os alunos do curso de Licenciatura em Física passo a passo o que facilitara o trabalho do professor.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

Para concluir pretende-se utilizar esta sequência didática nas aulas de física do ensino médio e futuramente colocar no site outras informações relevantes ao tema.

Os dados mostram o estado atual do conhecimento de professores e futuros professores sobre a importância da inserção FPE na formação inicial e em serviço de professores de física, pois se trata de um conteúdo obrigatório nos currículos, tanto do governo federal como do estadual.

Observamos que o fato de não ter este conteúdo no currículo do curso de Licenciatura, acarreta consequências no Ensino Básico.

Sobre a formação dos professores concluímos um fato que acontece no estado de São Paulo; a maior parte dos professores que ensinam física são formados em matemática e isto pode ser um indicativo forte sobre os problemas do ensino de física no ensino médio.

Os professores mostram interesse no tema e gostariam de ter uma formação sobre o mesmo, mas também apontam a falta de tempo e a complexidade do tema para eles poder ensinar a física envolvida na FPE. Além disto, os professores indicam que na escolha dos temas a serem ensinados o tempo é fundamental, pois a preparação do tema implica em tempo para pesquisar o conteúdo e a metodologia.

Sobre a SD aplicada aos alunos podemos dizer que foi de consenso geral a importância de se ter este material e a forma como foi trabalhada a SD nas aulas, além disto eles utilizaram as chamadas Tecnologias da informação e Comunicação, TIC, durante o desenvolvimento da SD, foi possível verificar que estas tecnologias não são utilizadas durante o curso de licenciatura ou são utilizadas só esporadicamente.

Para concluir pretende-se utilizar esta sequência didática nas aulas de física do ensino médio e alimentar o site com novas informações, pois esta dissertação é para compartilhar conhecimento e nos apropriar dele para nossas aulas.

## REFERENCIAIS

---

ABDALLA, Maria Cristina Batoni. **O discreto charme das Partículas Elementares**. São Paulo: Editora UNESP, 2006.

ALVARENGA, Beatriz in: CARUSO, Francisco; SANTORO, Antonio. **Do átomo grego à Física das interações fundamentais**. Rio de Janeiro. AIAFEX, p.179-196, 2ª edição, 2000.

ALVARENGA, Beatriz; MÁXIMO, Antônio. **Curso de Física**. 5ª ed., V.3. São Paulo: Scipione, 2000.

BRASIL. Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei nº 9.394/1996, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 23 dez. 1996.

CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor; SANTORO, Alberto. **Partículas elementares: 100 anos de descoberta**. Manaus: Editora da Universidade Federal de Manaus, 2005.

DALFOVO, Michael Samir; LANA, Rogério Adilson; SILVEIRA, Amélia. Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, Blumenau, v.2, n.4, p.01- 13, Sem II. 2008 ISSN 1980-7031 MÉTODOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS: UM RESGATE TEÓRICO

GAARDER, J. **O mundo de Sofia: romance da história da filosofia**. JosteinGaarder; tradução João Azenha Jr. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

GILMORE, Robert. **Alice no país do Quantum: a Física Quântica ao alcance de todos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar ed, 1998.

GILMORE, Robert. **O mágico dos Quarks: a física de partículas ao alcance de todos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.

Física na Escola, v. 2, n. 1, 2001, Fernanda Ostermann Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS e-mail: fernanda@if.ufrgs.br Cláudio J. de H. Cavalcanti Centro Universitário La Salle, Canoas, RS e-mail: cjhc@if.ufrgs.br **Um pôster para ensinar física de partículas na escola**.

LINO, A. **Inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: a ligação entre teorias clássicas e modernas sob a perspectiva da aprendizagem significativa**. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática). Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2010.

LOZADA, C. DE O; ARAÚJO, M.S.T. (2007). **Física de Partículas Elementares no Ensino Médio: as perspectivas dos professores em relação ao ensino do modelo padrão**. *Anais do VII ENPEC*, Florianópolis.

MOREIRA, M.A. e MASINI, E.F.S. **Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel**. Editora Moraes: São Paulo, 1982.

OSTERMAN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. Um pôster para ensinar física de partículas na escola. **Física na escola**. V. 02. N. 1. 2001.

OSTERMANN, F. MOREIRA, M. A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”**. Revista Investigação em Ensino de Ciências do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, v. 05, n. 01, mar. 2000. Disponível em <HTTP://www.if.ufrgs.br/public/ensino> Acesso em 15/03/2010.

PCNs+ **Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. (2009). **Sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente**. *Investigações em ensino de Ciências*, v.14,n3.pp-393-420.

RANDALL, LISA. **Batendo à porta do céu: O bóson de Higgs e como a física moderna ilumina o universo**. Lisa Randall; tradução Rafael Garcia-1ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2013.

RICHARDSON, Roberto Jarry. *Pesquisa social: métodos e técnicas*. São Paulo: Atlas, 1989.

SÃO PAULO, Secretaria da Educação. Secretaria do Estado de São Paulo; **Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Física, ensino médio**; São Paulo, 2008.

SÃO PAULO, Secretaria da Educação. Secretaria do Estado de São Paulo; **Caderno do professor: física, ensino médio – 3ª série**. v.2; São Paulo, 2014

SILVA JUNIOR, O. P. **As pequenas grandes coisas do universo: conhecendo as Partículas Elementares por meio de uma exposição científica**. Trabalho de Conclusão de Curso em Licenciatura em Física-FCT UNESP, São Paulo 2012.

SIQUEIRA, M. R. P. **Do Visível ao Indivisível: uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

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

Texto integral da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **A LDB - Lei de Diretrizes e Bases nº 9.394** foi promulgada em 20 de dezembro de 1996.

## Sites

[http://www.sb fisica.org.br/arquivos/PCN\\_FIS.pdf](http://www.sb fisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf). Acesso em 16/11/2015

<http://portal.inep.gov.br/web/saeb/parametros-curriculares-nacionais>. Acesso em 16/11/2015

<http://revistaescola.abril.com.br/fundamental-1/roteiro-didatico-sistema-numeracao-decimal-1-2-3-anos-634993.shtml?page=5.5>. Acesso em 16/11/2015

<http://www.cpt.com.br/ldb/lei-de-diretrizes-e-bases-da-educacao-completa-interativa-e-atualizada#ixzz3rHV9u6xX>. Acesso em 16/11/2015

<http://www.sprace.org.br/AventuraDasParticulas/>. Acesso em 16/11/2015

## APÊNDICE A- ANÁLISE DOS PROFESSORES

São 7 perguntas respondidas por 20 professores . Há perguntas com mais de uma alternativa assinalada.

### Pergunta 01

Formação Inicial	
Física	06
Química	01
Biologia	0
Matemática	13

### Pergunta 02

Onde ocorreu o primeiro contato com o conteúdo “Física de Partículas”	
Universidade/Faculdade	08
Cursos/Oficina de formação continuada	04
Por meio do currículo	08
Nunca teve contato	0

### Pergunta 03

A “Física de Partículas” está associada com:	
A luz, pois é composta por grãos de energia	0
Com o núcleo do átomo	02
Com o núcleo do átomo e o elétron	18
Com o elétron, pois ele tem características corpusculares	0

**Pergunta 04**

Se já trabalharam ensinando o conteúdo “Física de Partículas”	
Não, pois não estava na ementa do curso	04
Não, embora estava na ementa do curso, não deu tempo	10
Sim, apenas os conceitos básicos	06
Sim, cumpri o que estava no programa	0

**Pergunta 05**

Considera importante a inserção do conteúdo de “Física de Partículas” no Ensino Médio	
Não, pois é um conteúdo abstrato e não faz parte do cotidiano do aluno	0
Não, considero o tema difícil para Professor/aluno	04
Sim, mas considero outros conteúdos mais importantes	02
Sim, pois é fundamental para o aluno entender o mundo em que ele vive	14

**Pergunta 06**

As dificuldades de ensinar “Física de Partículas” no Ensino Médio	
Não há interesse dos alunos	01
É muito difícil preparar as aulas	07
O material didático é ruim ou inexistente	02
É abstrato e não tem como fazer	14

experiências em sala de aula	
------------------------------	--

**Pergunta 07**

Expectativa em relação à orientação pedagógica sobre ‘Física de Partículas’	
Conhecer mais sobre o assunto	09
Buscar novas metodologias para se trabalhar em sala de aula	15
Conhecer melhor um dos conteúdos que faz parte do currículo	04
Cumpri as horas de participação, pois este conteúdo não me interessa	0

## APÊNDICE B – ANÁLISE DOS ALUNOS DA LICENCIATURA

### Pergunta 1:

Do que são feitos?	
Análise geral	Um aluno comentou moléculas, um aluno teoria das cordas, dois alunos átomos e os outros dois quarks.

### Pergunta 2:

Quais principais teorias que existiram e já existiram sobre a composição da matéria? Relate alguns pensamentos.	
Análise geral	Todos falaram sobre modelo atômico, duas dessas respostas falaram sobre Demócrito (Grécia antiga) e apenas um comentário sobre a teoria atual sobre partículas elementares.

### Pergunta 3:

Qual o procedimento usado pelos cientistas na elaboração de teorias e modelos? O que precisa uma teoria para ser “aceita”?	
Análise geral	A boa parte das respostas falava sobre ter uma hipótese, elaborar experimentos, observar, comprovar matematicamente e um comentário sobre falsificar teorias.

### Pergunta 4:

Como a teoria do Big Bang descreve a criação do Universo? Segundo esse modelo qual a idade do Universo e como os cientistas estimam esse tempo?	
Análise geral	Apenas comentaram da expansão do Universo e duas pessoas acertaram a idade no geral. Percebe-se que não fazem ideia de como é calculado esse tempo.

**Pergunta 5:**

Cite algumas conservações existentes em alguns fenômenos físicos.	
Análise geral	A maior parte falaram sobre a conservação de energia, massa e momento e um aluno falou sobre conservação de carga, cor.

**Pergunta 6:**

Segundo o modelo atômico qual é a sua constituição?	
Análise geral	Um aluno falou sobre átomo e os outros de prótons, nêutrons e elétrons.

**Pergunta 7:**

Existem elementos “mais fundamentais” no átomo?	
Análise geral	Dois disseram quarks (2), outros três falaram quarks, léptons e bósons e um aluno disse o que existe.

**Pergunta 8:**

Você já ouviu falar sobre modelo padrão? Em que lugar? Caso tenha ouvido, descreva brevemente o que você entendeu.	
Análise geral	Um estudante não lembra e outro não explicou. Já os restantes falaram sobre a descrição da matéria e suas interações e provavelmente estudaram em Física 3 como curiosidade.

**Pergunta 9:**

O que é necessário para acelerar elétron, por exemplo?	
Análise geral	Os alunos disseram acelerador de Partículas, campo elétrico, campo magnético e ddp.

**Pergunta 10:**

Qual o papel principal de investimos em tecnologias, experimentos, para sociedade? Será apenas curiosidade do ser humano, por exemplo, entender a “intimidade” do átomo e das galáxias?
---

Análise geral	Resumidamente comentaram sobre conforto, necessidade, curiosidade, saber para onde vamos e iremos.
---------------	--

**APÊNDICE C - O MIRABOLANTE MUNDO DAS PARTÍCULAS  
ELEMENTARES UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA  
PROFESSORES DE FÍSICA**

**O mirabolante mundo das Partículas Elementares  
Uma sequência didática para professores de Física**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Câmpus de Presidente Prudente

## "O mirabolante mundo das Partículas Elementares"

Uma sequência didática para professores de Física



**MNPEF**

Mestrado Nacional Profissional em  
Ensino de Física

# “O mirabolante mundo das Partículas Elementares”



## Apresentação

A atual área de conhecimento da Física que busca selecionar perguntas realizadas desde a antiguidade como “do que somos feitos?”, “qual nosso elemento fundamental?”, entre outras, é a Física de Partículas Elementares. Na busca de respostas, cientistas de varias nações trabalham no LHC (do inglês, *Large Hadron Collider*, ou Grande Colisor de Hádrons), a maior máquina construída nesse planeta, com o custo em torno de 9 bilhões de dólares, que conta com investimentos de vários países. Isso nos faz refletir: Todo esse investimento é valido? Será que descobrirão nossos blocos fundamentais? Toda essa investigação é só para sanar a curiosidade intrínseca pertencente ao ser humano?

Em busca de explorar esse roteiro, nós do núcleo de Ensino de Física (NEF) da FCT UNESP de Presidente Prudente, procuramos agrupar vários anos de pesquisa na área de Ensino de Física de Partículas Elementares (FPE) em uma sequência didática que possa auxiliar os professores, futuros professores e curiosos na área de Física de Partículas Elementares a conhecer um pouco mais sobre esse Universo das Partículas Elementares.

O trabalho está dividido em 5 partes, na Introdução falaremos do *Big Bang* cosmológico, relatando alguns dados importantes sobre essa teoria e suas evidências. No tópico Modelando Modelos e Escalando Escalas, trabalharemos em algumas atividades as dificuldades de *montar* um modelo e o “respeito” com a escala de atuação de algum fenômeno. No item Mirabolante Mundo é explorado o **Modelo Padrão** das Partículas Elementares, características das partículas e algumas leis que permeiam esse mundo. Na seção A TV e o LHC, buscamos fazer um paralelo com o funcionamento básico da TV para introdução do LHC, o maior acelerador de partículas da atualidade que se localiza no CERN (do francês, *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*, ou Organização Europeia para Pesquisa em Energia Nuclear) na fronteira entre Suíça e França, nessa parte não podíamos deixar de citar a contexto político e curiosidades desse grande experimento.

**Muito Obrigado e boa viagem nesse Mirabolante Mundo das Partículas Elementares.**

## Instruções

Essa sequência didática foi proposta para se trabalhar em 3 aulas de 2 horas e 30 minutos, cabendo ao professor a escolha de abordagem conforme sua realidade.

A avaliação pode ser feita através de apresentação de seminários, montagem de planos de aulas, provas objetivas, etc.

Sugerimos que no primeiro dia se trabalhe a introdução e a aula sobre modelando modelos e escalando escalas. No segundo dia a aula sobre “O mirabolante Mundo das Partículas Elementares” e finalizando a sequência na terceira aula sobre A TV e o LHC. Sempre no fim da aula tente adiantar o que ira ser desenvolvido no próximo dia e sempre retome o conteúdo já discutido nas aulas anteriores.

O trabalho foi desenvolvido com base no caderno do Aluno da Proposta curricular do Estado de São Paulo (no qual, tempo previsto de trabalho são 10 horas), nos Livro “o Discreto Charme das Partículas Elementares” e o livro “Batendo à Porta do Céu”.

## Introdução

### 1.1) O Big Bang: O possível início de tudo!

Certo dia fui questionado em minhas aulas sobre qual era minha crença religiosa e sobre minha admiração pelo Big Bang. A minha resposta em resumo dizia que na forma que penso em Deus, a teoria do Big Bang não contradiz sua existência e os cientistas estão tentando decifrar a linguagem de Deus. Achei pertinente fazer esse comentário pessoal devido ao nome “Big Bang: o possível início de tudo”, assim, deixa claro que é só uma teoria, no caso, mais aceita pelo meio científico e sabemos que na ciência não existe verdade absoluta. Nesse contexto, como iremos falar de Física de Partículas Elementares, optamos por começar do começo, ou seja, do Big Bang, teoria no qual descreve a dinâmica das Partículas Elementares desde primeiros instantes.

O Big Bang cosmológico explica a formação do Universo a partir de  $10^{-43}$  s, conhecido como o tempo de Planck (falaremos com detalhes sobre esses valores no próximo item “Os números de Planck: valores do mundo primordial”).

No tempo de  $10^{-43}$  s o universo é uma “sopa cósmica” com energia na ordem de  $10^{19}$  GeV, raio de  $10^{-35}$  m, densidade de  $10^{93}$  g/cm<sup>3</sup> e temperatura de  $10^{32}$  K. Nessas circunstâncias as partículas eram todas dissociadas, onde a simetria o equilíbrio térmico prevalece.

De  $10^{-36}$  s a  $10^{-32}$  s, temos o período conhecido como era da inflação, nesse intervalo de tempo houve uma diminuição de energia para  $10^{15}$  GeV (10.000 vezes menor), densidade de  $10^{70}$  g/cm<sup>3</sup> e temperatura aproximada de  $10^{28}$  K. Cabe destacar que nessa era tinha-se a unificação das três forças fundamentais (forte, fraca e gravitacional) e nesse período inicia-se a assimetria da matéria e antimatéria e ainda não temos explicação porque o universo privilegiou a matéria.

O período de  $10^{-35}$  s até  $10^{-12}$  s é conhecido como deserto fenomenológico por não sabermos nada nesse intervalo de tempo. Algumas teorias acreditam que existiam partículas supersimétricas na ordem de  $10^{12}$  eV (TeV). Um dos objetivos do LHC é estudar essa faixa, pois sua energia permite essa análise.

No tempo de  $10^{-12}$  s há quebra da força eletrofraca, sendo dividida em força fraca e eletromagnética.

Aos  $10^{-6}$ s, conhecida como fase da transição quark-hádron as partículas chamadas quarks se unem com os glúons (partícula mediadora da força forte) formando os hádrons, no qual os mais conhecidos são prótons e nêutrons. A temperatura do universo nesse instante era da ordem de  $10^{13}$  K com energia de 1 GeV.

No primeiro segundo o equilíbrio térmico desaparece, algumas partículas como neutrinos são independentes com temperatura reduzida para  $10^{10}$  K e densidade de  $5 \times 10^5$  g/cm<sup>3</sup>.

Aos 60 segundos a temperatura é de  $10^9$  K, onde, elétrons e pósitrons são aniquilados, prótons e nêutrons ainda não são estáveis suficientes para formar os núcleos e temos um desequilíbrio de 76% de prótons e 24% de nêutrons.

Quando o desequilíbrio chega a 13% de nêutrons e 87% de prótons (a cada sete prótons temos um nêutron) o que propiciou aos 3 minutos o início da nucleossíntese.

No tempo de 3 minutos e 46 segundos houve a formação do deutério (hidrogênio pesado) e posteriormente de outros núcleos de elementos leves e estáveis. Os processos nucleares encerram aos 35 minutos e depois de 300 mil anos quando a energia é de 1 eV admite que o próton e elétron se unem formando o átomo de hidrogênio. Quando a temperatura cai para 20 K após um bilhão de anos estrelas e galáxias são formadas possibilitando, dentro de seus núcleos, a formação de outros elementos mais pesados que o hidrogênio. Aos 10 bilhões de anos há o surgimento do nosso sistema planetário quando a temperatura é de 3 K e finalmente é possível surgir à vida.

**OBS: Esse trecho sobre os períodos do Big Bang foi baseado no Livro “o Discreto charme das Partículas Elementares” da professora Dr<sup>a</sup> Maria Cristina Batoni Abdala entre as páginas 276 e 289, caso, queira entender com mais detalhes esses intervalos de tempo recomendo que leiam esse trecho espetacular.**

### 1.1.1) Proposta de atividade 1:

- Montar uma linha do tempo destacando os principais períodos e acontecimentos sobre o Big Bang.

Após essa viagem no tempo desde  $10^{-43}$  s até o surgimento da vida, podemos comentar sobre alguns valores do mundo primordial.

## 1.2) Números de Planck: valores do mundo primordial

Como vimos o Big Bang cosmológico relata o universo a partir do tempo de Planck de  $10^{-43}$  s, onde este apresentava o comprimento de  $10^{-35}$  m (conhecido com comprimento de Planck), no qual, as condições de pressão e temperatura eram extremas. Essa limitação de entendimento é devido à "obediência" as três constantes universais. Nosso próximo passo é comentar sobre esses valores de comprimento e espaço Planck.

### 1.2.1) Como é calculado o espaço e tempo de Planck?

A expressão abaixo, que calcula o comprimento de Planck, relaciona as três constantes fundamentais da Física que envolvem conceitos de gravitação, mecânica quântica e relatividade.

$$\text{comprimento de Planck}(\lambda_{Planck}) = \sqrt{\frac{Gh}{c^3}}$$

Sendo a constante gravitacional  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ , a constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  e a velocidade da luz  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$  substituindo na expressão, temos

$$\lambda_{Planck} = \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 6,63 \times 10^{-34}}{(3 \times 10^8)^3}} = 4 \times 10^{-35} \text{ m}$$

OBS: Se fizermos análise dimensional, verificamos que a expressão nos fornece uma dimensão de comprimento. O valor encontrando representa o limite e caso algum dia esse limite for ultrapassado teremos uma quebra de Paradigma nas leis Físicas.

Para calcularmos o tempo de Planck podemos usar a expressão clássica de velocidade  $V = S/t$ , realizando os cálculos obtemos:

$$v = \frac{s}{t} \leftrightarrow c = \frac{\lambda_{Planck}}{t_{Planck}} \leftrightarrow t_{Planck} = \frac{\lambda_{Planck}}{c} = \frac{4 \times 10^{-35} m}{3 \times 10^8 m/s} = 1,33 \times 10^{-43} s$$

Outros valores que podemos mensurar utilizando o comprimento de Planck é a energia, densidade e temperatura no universo primordial.

### 1.2.2) Energia de Planck

Utilizando a famosa equação da quantização de energia de Planck,  $E = hf$ , onde  $h$  é a constante de Planck com valor de  $6,63 \times 10^{-34} J.s$  e  $f$  a frequência da radiação que pode ser escrita através da equação fundamental da ondulatória  $f = c/\lambda$  (velocidade da luz por comprimento de onda), temos que  $E = hc/\lambda$ . No caso como  $\lambda = \lambda_{Planck}$  encontramos:

$$E = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{4 \times 10^{-35}} \cong 5 \times 10^9 J$$

Transformando esse valor para eV (basta dividir por  $1,6 \times 10^{-19}$ ), obtemos que  $E \cong 3 \times 10^{28} eV \cong 3 \times 10^{19} \times 10^9 eV \cong 3 \times 10^{19} GeV$ . Isso implica que a radiação emitida era da ordem de  $10^{43} Hz$  ( $f = E/h$ ).

### 1.2.3) Densidade de Planck

A densidade pode ser calculada considerando que o Universo no Big Bang era uma esfera com raio de  $4 \times 10^{-35} m$ . Assim, temos:

$$d = \frac{massa}{volume} = \frac{massa\ de\ Planck}{\frac{4}{3} \pi (\lambda_{Planck})^3}$$

A massa de Planck seria a massa do universo no tempo de  $10^{-43}$  s, que pode ser determinada usando a também famosa equação de Einstein,  $E = mc^2$ , logo:

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{5 \times 10^9}{9 \times 10^{16}} \cong 5,6 \times 10^{-8} \text{ kg}$$

Considerando  $\pi = 3$ , implica que a densidade é de:

$$d_{Planck} = \frac{5,6 \times 10^{-8}}{\frac{4}{3} \times 3 (4 \times 10^{-35})^3} \cong 2 \times 10^{-10} \times 10^{105} = \frac{2 \times 10^{95} \text{ kg}}{\text{m}^3} = 0,2 \times 10^{93} \text{ g/cm}^3$$

Veja que o valor da densidade é infinitamente alto.

#### 1.2.4) Temperatura de Planck

Para calcularmos a temperatura utilizaremos a lei de Wien, expressa pela equação  $T = \sigma/\lambda$ , onde  $\sigma$  é a constante de Wien com valor de  $2,898 \times 10^{-3}$  mK, obtemos uma temperatura de:

$$T_{Planck} = \frac{2,89 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-35}} = 0,7 \times 10^{32} \text{ K}$$

Essa temperatura é da ordem de  $10^{26}$  vezes maior que a do sol.

#### 1.2.5) Proposta de Atividade 2:

Caso fossemos realizar esses cálculos com alunos do Ensino Básico, acho pertinente trabalharmos apenas com as ordens de grandezas. Com essas equações podemos calcular alguns valores de outros instantes baseados na energia, sendo uma atividade de fixação.

### 1.3) As evidências do Big Bang

Após esses números, quais são as justificativas para acreditarmos no Big Bang?

As três principais evidências do Big Bang são:

- Expansão do Universo
- Radiação cósmica de fundo
- Abundância de elementos leves

#### 1.3.1) Expansão do Universo

Os primeiros passos para entendermos a expansão do Universo é através do efeito Doppler e a Lei de Hubble.

O efeito Doppler grosso modo é um fenômeno ondulatório quando há variação de frequência devido ao movimento relativo entre uma fonte e observador, por ser um fenômeno pode ocorrer com ondas sonoras e a luz. Podemos perceber facilmente quando uma ambulância está se aproximando do local onde estamos e depois quando há o movimento de afastamento. Quando a ambulância está em movimento de aproximação ouvimos a frequência do som aumentar e no movimento de afastamento temos a percepção que o som vai “ficando” mais grave. A expressão que descreve esse fenômeno é dada por:

$$frequência_{ouvida} = frequência_{da\ fonte} \left( \frac{Velocidade_{do\ som} \pm Velocidade_{do\ observador}}{Velocidade_{do\ som} \pm Velocidade_{da\ fonte}} \right)$$

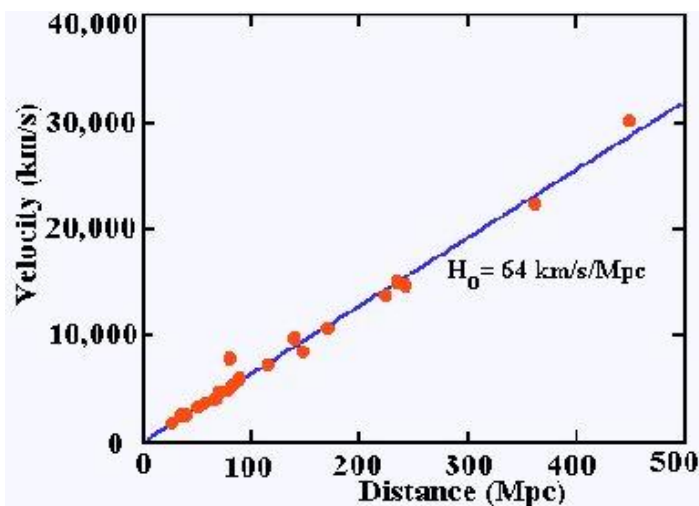
Em relação à luz podemos verificar esse fenômeno em relação ao espectro de luz emitido pelas estrelas (uma espécie de impressão digital das estrelas) como também sabemos o espectro da luz visível vai dar cor vermelha à cor violeta, no qual, o vermelho apresenta a menor frequência (maior comprimento de onda) e o violeta a maior frequência (menor comprimento de onda).



**Faixa do espectro de luz visível.** <sup>[1]</sup>

Seguindo o raciocínio, se as galáxias estivessem em um movimento de aproximação teríamos o desvio para as cores de maior frequência como o azul (*blue shift*). Entretanto, como sabemos que esse desvio ocorre para o vermelho, conhecido como *red shift*, significa que o universo está em expansão.

Um grande astrônomo que contribuiu nos estudo de expansão do Universo foi o americano Edwin Powell Hubble, após um bom tempo observando quase duas dezenas de galáxias conclui que, “A velocidade de afastamento das galáxias é proporcional à sua distância”, ou seja, quanto maior a distância das galáxias, maior será sua velocidade de afastamento. Com os valores adquiridos dessas observações Hubble plotou um gráfico de velocidade versus distância das galáxias em relação à Terra, ilustrado na figura a seguir.



#### Dados observado por Hubble para calcular o valor da constante de Hubble.<sup>[2]</sup>

Observe que alguns pontos estão um pouco dispersos, mas, mesmo assim Hubble traçou uma reta e conseguiu calcular o valor dessa inclinação da reta que passou a ser conhecida como constante de Hubble com valor de 64 km/seg/Mpc. Com o desenvolvimento dos telescópios os cientistas refizeram as observações e conseguiram refinar os dados chegando o valor atual da constante de 71 km/seg/Mpc, onde  $1 \text{ pc} = 3 \times 10^{16} \text{ m}$ .

Além de Hubble elaborar sua lei, outro cálculo possível com seus dados é o da idade do Universo, usando a equação de velocidade média  $V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta S}{V_m}$ , como temos que a constante de Hubble  $H = \frac{V_m}{\Delta S} \rightarrow \frac{1}{H} = \text{Idade do universo}(I_{\text{universo}})$ ,

sendo  $H=71\text{km/seg/Mpc} = \frac{71 \times 10^3 \text{ m}}{\frac{\text{s}}{3 \times 10^{16} \times 10^6 \text{ m}}} = \frac{71 \times 10^3}{3 \times 10^{22}} = 2,23 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}$ , Assim,

$I_{universo} = \frac{1}{2,37 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}} = 4,22 \times 10^{17} \text{ s}$ , lembrando que um ano tem aproximadamente

$3 \times 10^7 \text{ s}$ , temos que,  $I_{universo} = \frac{4,22 \times 10^{17}}{3 \times 10^7} = 1,4 \times 10^{10} \text{ anos} = 14 \times 10^9 \text{ anos} = 14 \text{ bilhões de anos}$ . Esse valor calculado anteriormente é o valor aproximado, pois, o valor atual do universo é de 13,7 bilhões de anos.

### 1.3.2) Radiação Cós mica de fundo

A radiação cósmica de fundo é uma espécie de herança do Big Bang. Segundo o livro “o discreto charme das partículas elementares” essa radiação foi liberada após a formação dos átomos de hidrogênio, onde esses fótons “passeiam” livremente no universo. A radiação cósmica de fundo apresenta um comprimento de onda de 7,35 cm e essa radiação é responsável pelo 1% do ruído da tela da TV.

Para ler mais: “O discreto charme das Partículas Elementares”, páginas 265-269.

### 1.3.3) Abundância de elementos leves

Olhando o gráfico abaixo podemos concluir que quase 98% do universo conhecido é composto por Hidrogênio e Hélio, os primeiros elementos criados na conhecida fusão primordial nos primeiros 3 minutos do Big Bang.

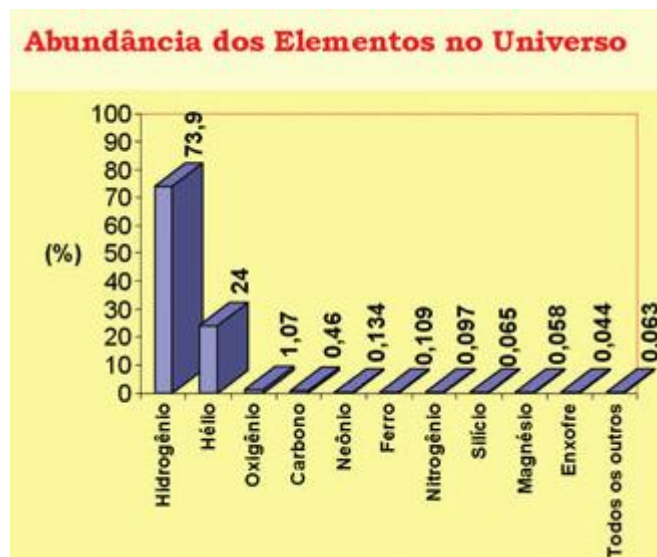


Gráfico com porcentagem dos elementos no Universo<sup>[3]</sup>

## *Aula 1: Modelando Modelos e Escalando Escalas*

### 2.1) Atividade Prática

#### *2.1.2) Roteiro Experimental-Acelerador de pipocas*

##### *Introdução*

*Após essa introdução geral da teoria do Big Bang, contendo um pouco das partículas elementares, realizaremos uma atividade prática, no qual, tentaremos evidenciar as dificuldades encontradas pelos cientistas na busca de repostas sobre o universo. Esse experimento foi trabalhado em uma oficina de Física Partículas que aconteceu no ano de 2011, oferecido pelo Instituto de Física Teórica da UNESP (IFT), na ocasião ministrada pelo Professor Hélio Takai.*

##### *Objetivos*

- Calcular o numero de pipocas estouradas no saco de pipoca.
- Discutir os métodos utilizados

### *Materiais necessários*

- Aparelho de microondas
- Pipoca de microondas
- Microfone de web cam
- Computador
- Aplicativo de áudio Audacity
- Fones de ouvidos
- Pen drive
- Régua, lápis e borracha

### *Procedimento Experimental*

Depois da organização dos grupos, coloquem a pipoca no microondas com o microfone fixado na parte externa da porta, ligue o tempo que o grupo achar necessário para estourar as pipocas, inicie o aplicativo de áudio Audacity simultaneamente ao aperta o botão de iniciar do microondas e pare o programa junto ao apitar final do microondas. Em seguida, coloque o arquivo no pen drive e se dirijam a bancada que contém o computador para realização da contagem dos milhos estourados. **Observação: use todas as ferramentas disponíveis (mãos, aplicativos, fones de ouvidos). Anote todos os dados discutidos pelo grupo, para posterior discussão.**

### *Questões, resultados e discussões.*

1-Faça uma tabela contendo o método utilizado e número de estouros detectados.

2-Como o grupo contou as pipocas? O que vocês consideraram um evento (estouro)?

---

---

---

3-Qual método utilizado vocês obtiveram uma medida mais precisa? Por quê?

---

---

---

4-Em que faixa de tempo teve uma maior frequência de eventos?

---

---

---

*Roda de discussão: Agora iremos sentar em círculo e discutir alguns pontos chaves e dados desse experimento.*

## 2.2) Parte II: Escalando Escalas

Na ciência estamos repletos de exemplos sobre diferentes interpretações de fenômenos e isso não significa que uma teoria está errada ou certa. Por exemplo, as leis de Newton em nosso mundo explicam muito bem os acontecimentos, porém, em velocidades próximas da luz, sabe-se que surgem alguns outros fenômenos que são explicados pela teoria da relatividade de Einstein. Ou seja, não significa que as leis de Newton estão erradas e sim que existe uma escala de aplicação.

Um exemplo que deixa bem claro a interpretação através da escala, foi quando o renomado físico nuclear George Gamow, acreditava que o nosso universo era formado por apenas três entidades fundamentais diferentes, os prótons, elétrons e nêutrons e que não apresentavam subdivisões e isso não quer dizer que ele estava certo ou errado e sim como o trecho descrito no livro *Batendo à porta do céu*:

*“Ele não enxergou longe o suficiente. Ou, para ser mais precisa, não enxergou perto o suficiente”.* (Pg 131, *Batendo à porta do céu*, Lisa Randall).

Então, como podemos concluir tudo depende da escala que estamos analisando. Não usamos essa análise apenas na física, até quando vamos para uma cidade desconhecida a primeira coisa que vemos é como chegar à cidade e depois que diminuimos a escala e vamos para o local que pretendemos ir.

### 2.2.1) Proposta de Atividade 3

#### Atividade 1:

Pedir para os alunos entrar no site: <http://htwins.net/scale2/lang.html>, sobre a escala do universo.

## A Escala do Universo



Use a barra de rolagem para ampliar ou diminuir o zoom.



Clique nos objetos para saber mais.

By Cary Huang

Technical support by Michael Huang

Copyright © 2012 Cary and Michael Huang (<http://htwins.net>)

Music - "Frozen Star" by Kevin MacLeod (<http://incompetech.com>)

Traduzido por Guto Souza, Arthur Kemmer, Alex Amorim, Rodolfo Ferraz, Vinicius CB ([escaladouniverso@googlegroups.com](mailto:escaladouniverso@googlegroups.com))

**Começar**

O segundo passo é pedir para rolar a barra presente neste site para maior escala (lado direito) para ordem de grandeza de  $10^{27}$  m.



Uma pergunta pertinente a fazer nessa parte é sobre porque o nosso uníversono observável é da ordem de  $10^{26}$  m?

Podemos responder facilmente dizendo que é a distância que a luz percorreu durante essa idade de aproximadamente 14 bilhões de anos. Lembrando que,  $14 \times 10^9$  anos =  $4,22 \times 10^{17}$  s (cálculo já feito para calcularmos a idade do Uníversono), multiplicando esse resultado pela velocidade da luz ( $c = 3 \times 10^8$  m/s), temos que, raio do uníversono é em torno de  $1,27 \times 10^{26}$  m.

Continuando nossa viagem nas escalas do uníversono, podemos pedir para os alunos diminuírem as escalas e anotando algumas curiosidades que eles acharem interessantes.

Paradas interessantes:

- Na escala do tamanho do ser humano: Aqui pode ser discutido o porquê utilizar como o padrão metro para medirmos as coisas do nosso dia-a-dia.
- Escala de  $10^{-9}$  m: Pode-se comentar sobre a nanotecnologia tão presente nas novas tecnologias e mostrar alguns objetos do tamanho dessa escala.
- $10^{-10}$  m: escala dos átomos.

- $10^{-15}$  m: ordem de grandeza dos prótons e nêutrons, e o início da escala do estudo da física de partículas elementares. Pode-se também calcular qual a energia mínima para ser estudar essa escala.

### **Atividade 2**

- Montar uma tabela com as partículas presentes a partir da escala de  $10^{-15}$  m, anotando a ordem de grandeza.

Exemplo: quark up e quark down  $10^{-18}$  m

### ***Observações:***

1) Pode-se ver que o limite dessa escala é o comprimento de Planck, já discutido anteriormente que as leis da física atuais só podem estudar até essa escala.

2) Outra observação importante é que existe um grande vazio da escala de  $10^{-24}$  m a  $10^{-33}$  m, isso devido a não saber o que tem nesse intervalo, assim, pode existir outras partículas nessas escalas e isso saberemos com os avanços tecnológicos e outras teorias.

3) Quanto menor o comprimento de onda, mais energia precisamos para explorar  
( $E = mc/\lambda$ )

## ***Aula 2: O mirabolante mundo da Física de Partículas Elementares***

Antes de conhecermos as principais partículas elementares não podíamos deixar de “passar” sobre os principais pensamentos sobre a concepção da matéria.

### **3.1) Dos filósofos naturais ao bóson de Peter HIGGS**

#### **3.1.1) O Trio de Mileto**

Os primeiros pensamentos sobre a constituição da matéria, baseados na experiência e na razão (pois até então eram fundamentadas em explicações mitológicas), iniciou-se com os chamados “filósofos naturais”, na Grécia Antiga. O primeiro registro conhecido foi do filósofo Tales de Mileto, aproximadamente 585 a.C, que acreditava que o elemento primordial do qual a matéria estava constituída era a água. Segundo o livro *Mundo de Sofia*, “Talvez ele quisesse dizer que toda forma de vida surge na água e a ela retorna quando se desfaz (GAARDER, 1995, pg 45)”. Possivelmente Tales chegou a esse pensamento observando as transformações de fases da água.

Outro filósofo de Mileto, do mesmo período, é Anaximandro que sugeriu que nossa essência era uma substância que não era natural, mas sim algo indefinido, ilimitado (infinito) e que na separação do “infinito” surgiu o frio (ar), o quente (fogo), o úmido (água) e o seco (terra), em que um dia voltaria ao ilimitado que é eterno.

Mantendo nossa atenção ainda em Mileto, outro filósofo que viveu aproximadamente em 526 a.C, chamado Anaxímenes, que possivelmente conhecia as ideias de Tales sobre a água, acreditava que toda a matéria foi formada em um movimento cíclico, e que ela é composta de um único elemento ilimitado, eterno, mas determinado: o ar. Segundo Anaxímenes, caso condensasse o ar ele viraria água (esse pensamento é visto varias vezes em nosso cotidiano, por exemplo, quando chove e o ar condensa). Na ótica de Anaxímenes, todos os outros elementos (água, fogo e terra) surgiram do ar. Cabe observar que o trio de filósofos de Mileto confiava que só uma substância era fundamental e que “gerava” todos os outros elementos, acreditando assim nas transformações de uma substância em outra totalmente diferente.

### 3.1.2) Saindo de Mileto

Esse raciocínio de transformação de elementos divergia dos pensamentos de outro grande pensador que viveu por volta de 480 a.C em Eleia, chamado Parmênides. Ele foi um dos filósofos que defendia que “*tudo que existe sempre existiu e que nada pode surgir do nada*”. Outro grande filósofo que viveu na mesma época de Parmênides, porém com pensamentos opostos, chamado Heráclito (535 - 475 a.C) de Éfeso, pregava a realidade dinâmica do mundo sob a forma de fogo, com chamas vivas e eternas, governando o constante movimento dos seres “tudo flui”, acreditando que o Universo estava sempre se transformando.

O filósofo natural que deu um novo rumo a essa discussão sobre a natureza ser algo mutável ou não, foi Empédocles (494-434 a.C) que achava que as duas linhas de pensamentos tinham certa razão, mesmo sendo contrárias. O trecho do livro “*O Mundo de Sófia*” deixa clara a nova visão:

“Empédocles chegou à conclusão de que a noção de um único elemento primordial tinha que ser refutada. Nem a água nem o ar, sozinhos podiam se transformar num buquê de rosas ou numa borboleta. Para a natureza, portanto, seria impossível produzir alguma coisa a partir de um único elemento básico”. (GAARDER, 1995, pg 49).

Empédocles sugeriu que a natureza então tivesse quatro elementos básicos a terra, água, ar e fogo nomeados por ele de “raízes”.

Continuando o “passeio” não se pode deixar de falar de Anaxágoras (500-428 a.C), que não aceitava a ideia dos quatro elementos por não perceber que esses elementos pudessem se transformar em cabelos, osso e pele. Anaxágoras acreditava que a natureza era constituída por partes pequenas chamadas por ele de “gérmenes” ou “sementes”. Um pequeno trecho que mostra o pensamento de Anaxágoras está citado logo em seguida:

Anaxágoras achava que a natureza era composta por uma infinidade de partículas minúsculas, invisíveis a olho nu. Tudo pode ser dividido em partes ainda menores, mas mesmo na menor das partes existe um pouco de tudo. Assim, se pele e cabelo não podem surgir de alguma

outra coisa, então eles devem estar presentes também no leite que bebemos e nas comidas que comemos. (*O Mundo de Sofia, 199, pg 51*).

Demócrito de Abdera (460-370 a.C) constuiu uma hipótese mais elaborada sobre a composição da matéria, que até certo ponto é semelhante ao pensamento de Anaxágoras, e batizou essa partícula de átomo que em grego significa “*indivisível*”, aparecendo então, com uma frente filosófica chamada de visão atomista. Demócrito em sua ideia evidenciava a concordância com pensamentos de Parmênides, dizendo que esses “tijolos” que formam a matéria eram imutáveis, só que a natureza apresentava uma diversidade de átomos e essa diferença se devia ao seu formato.

Alguns séculos depois, sem dúvidas um dos mais influentes filósofos da história chamado Aristóteles (384- 322 a.C) de Estagira, discípulo de Platão, também se preocupou em estudar os constituintes fundamentais da natureza. Segundo ele, a matéria que forma a Terra e todos os corpos, exceto o espaço e a lua (são formados pelo éter), é formada de quatro elementos básicos: terra, água, ar e fogo, retomando a ideia de Empédocles. Segundo ele, cada elemento tem suas propriedades, sendo assim os pássaros são formados basicamente de ar, porque nele está, por isso, tem sua mesma densidade; então, os peixes são basicamente água e os humanos, são fisicamente terra e água, assim como tantas outras coisas. A ideia de Aristóteles sobre a composição da matéria perdurou por mais de dois milênios.

### **3.1.3) Os atomistas modernos**

Em 1803, John Dalton (1766-1844) retornou com a ideia atomista, só que com uma visão moderna da teoria atômica, isso devido à evolução da ciência e aos cientistas. Para Dalton, o átomo era uma minúscula esfera maciça, impenetrável, indestrutível, indivisível e sem carga.

Em 1897, Joseph John Thomson (1856-1940), trabalhando em experimentos de raios catódicos, mediu o desvio dos feixes liberado quando aquecido o filamento, concluiu que a razão da carga sobre a massa não dependia dos materiais utilizados, apontando que todos os materiais tinham um fragmento em comum, denominado

elétron que foi a primeira partícula elementar (que não pode ser dividida em outra partícula) a ser descoberta e que aquele feixe liberado era de elétrons. Então, Thomson conseguiu “quebrar o indivisível” propondo que o átomo é composto de elétrons embebidos de maneira uniforme num fluido de carga positiva, conhecido popularmente como modelo de pudim de passas. Entretanto, o modelo de Thomson não explicava as linhas espectrais descontínuas de absorção e emissão, que na época eram um enigma para física. Um fato que ajudara posteriormente a explicação do surgimento das linhas espectrais (pelo Modelo de Bohr) será a descrição de Albert Einstein do Efeito Fotoelétrico, que surgiu com a ideia de fóton que é a segunda partícula elementar proposta, no qual se baseou nos trabalhos de Max Planck.

Dez anos depois, Ernest Rutherford (1871-1937) através do seu famoso experimento com folha de ouro, propõe que aquele fluido positivo do modelo de Thomson estava condensado em uma espécie de núcleo do átomo. Para Rutherford, o átomo lembrava um sistema planetário, onde os elétrons orbitavam em volta desse núcleo denso de um fluido positivo. Porém esse modelo também não explicava as linhas espectrais e outro problema era a estabilidade do núcleo, pois as partículas carregadas em movimento, segundo Maxwell, liberam radiação eletromagnética, assim os elétrons iriam colapsar com o núcleo. Outra contribuição de Rutherford para a ciência foi a descoberta do próton em 1919. Hoje, sabe-se que o próton é composto por partículas ainda menores. Mais uma partícula que também não é elementar, é o Nêutron que só foi descoberto em 1932, proposto para explicar a estabilidade nuclear.

Finalmente, a explicação do enigma das linhas descontínuas, veio com Niels Bohr, em 1914, que através de seus postulados, baseado nos trabalhos de Planck e Einstein, descreveu que os elétrons ao girarem em torno de um núcleo central, deveriam apresentar órbitas específicas com níveis energéticos bem definidos e que poderia haver a emissão ou absorção de pacotes discretos de energia (os já citados fótons) ao mudar de órbita.

A Física nesse período teve grandes mudanças. Algumas teorias tiveram que ser abandonadas para novas teorias e conceitos entrarem em cena como a relatividade de Einstein, quantização de energia, dualidade onda-partícula, a formulação da equação de Erwin Schroedinger da mecânica quântica e o princípio da incerteza de Werner Heisenberg. Uma grande barreira quebrada foi a concepção de determinismo dos

cientistas da época. Bohr resume bem, em uma frase, o desafio dos cientistas daquela época em entender essa nova Física: “*Se a Mecânica Quântica não te assustou então você não a entendeu ainda*”.

#### **3.1.4) O descobrimento de novas partículas: ordem cronológica**

Com uma compreensão melhor das novas leis da física foi possível descobrir novas partículas elementares, uma delas foi o neutrino de elétron em 1930. Essa partícula foi proposta por Wolfgang Pauli para resolver um problema de conservação de energia presente no decaimento Beta. Essa partícula é conhecida por interagir muito pouco com a matéria, agora mesmo bilhões dessas partículas atravessam a terra e não interagem com seres e objetos, devido sua massa, que possui valor próximo de próxima de zero.

Outra partícula que trouxe bastante desconfiança para a Física naquele período foi a descoberta do pósitron (antipartícula do elétron) em 1931. Em 1928, o inglês Paul Dirac, reformulou as equações da mecânica quântica de Schroedinger, colocando correções relativísticas. A consequência dessa correção foi permitir solução negativa da energia de repouso. Alguns anos depois, Carl David Anderson detectou experimentalmente a partícula proposta por Dirac, confirmando algo totalmente novo na Física.

A quinta Partícula Elementar a ser identificada foi o *muón*, porém na época de sua descoberta foi uma surpresa, pois os cientistas estavam interessados em detectar a partícula responsável por manter prótons e nêutrons dentro do núcleo, conhecida como *Méson Píon*, proposta teoricamente pelo japonês Hideki Yukawa em 1935. Mas ao estudar as características dessa nova partícula perceberam um comportamento parecido com a do elétron só que com uma carga mais de 200 vezes maior.

A descoberta experimental do *Méson Pion* (que também não é elementar) só foi realizada em 1947, com a participação do brasileiro Cesare Lattes. Como se sabia a interação entre Píon, prótons e nêutrons deveriam ser imediatos e isso foi possível ser “visto” através do estudo da radiação cósmica que chegava à superfície terrestre nos picos altos da montanha, por Giuseppe, Cecil Franck Powell e Cesare Lattes. Apesar da

grande participação de Cesare Lattes na detecção do Píon quem ganhou o Nobel de 1950 foi Yukawa e Powell.

No período de 1950, houve um grande avanço com o uso de emulsões nucleares especiais utilizadas para detecção de partículas e o desenvolvimento de aceleradores mais complexos que as câmeras de bolhas, impulsionando assim uma grande cadeia de descobertas de novas partículas, então, teve a necessidade de classificar as partículas em bósons (spin inteiro) e férmions (spin semi-inteiro). Além dessa classificação de spin outra forma era em sofrerem a interação forte ou não, ou seja, se as partículas quanto em contato com partícula *píon* (naquela época a única partícula identificada, responsável pela interação forte que fazia as ligações entre nêutrons e prótons no núcleo). Esse tipo de organização apresentou um sucesso satisfatório na época.

No ano de 1962, trabalhando no *Alternating Gradient Synchrotron* (AGS), e analisando o decaimento de *méson  $\pi$* , cientistas do *Brookhaven National Laboratory* (BNL) visualizaram rastros de *múons* e seus neutrinos, comprovando a existência do neutrino do *múon*.

Em 1964, novamente a Física se depara com outra mudança de concepção de composição da matéria. Partículas como prótons e nêutrons, que até então eram consideradas elementares, não eram. No ano de 1964 o Físico Murray Gell-Mann publicou um artigo sugerindo que partículas como prótons, nêutrons, *méson  $\pi$* , fossem constituídas por partículas ainda menores nomeadas de quarks (nome que vem de uma obra de James Joyce, escritor romancista da literatura Irlandesa). Essa ideia explicaria alguns fenômenos que até então não tinham solução. Gell-Mann foi um dos cientistas que explicou o fenômeno da *estranheza* em 1955, fenômeno em que as partículas ao decaírem faziam uma trajetória em V. Quando Gell-Mann estudou esse fenômeno considerou a *estranheza* como um novo número quântico. Ou seja, além da conservação da carga elétrica, spin, número *léptonico*, também tinha a *estranheza*. Com essas conservações foi possível através de uma teoria de grupos classificarem as partículas com ainda mais rigor. Gell-Mann, então percebeu que esse número quântico *estranheza* também era um quark que batizou de quark estranho, e outros quarks que eram estáveis que formam os prótons e nêutrons são chamados de quarks up e quark down. Outra partícula também proposta no ano de 1964, também visto apenas em decaimento foi denominado quark charme.

Com o aumento de energia dos aceleradores de Partículas foi possível encontrar outros quarks, como a descoberta do *quark Bottom* em 1977, e fechando a simetria de seis quarks, em 1995 detectaram o *quark top* (o mais pesado dos quarks).

Em 1975, houve a descoberta da terceira partícula com comportamento similar ao comportamento do elétron e *múon*: o Tau. Por simetria também era necessário o fechamento dessa terceira geração dos conhecidos léptons, isso ocorreu no ano de 2000 com a descoberta do neutrino do Tau. Cabe ressaltar que assim como os léptons os quarks são classificados como férmions (partículas com spin semi-inteiro) a diferença entre eles é a relação entre a interação ou não com a força forte.

Falando um pouco mais sobre a força forte, as partículas responsáveis por realizar a interação dos quarks foi proposta em 1973. Por se comportar com uma espécie de cola os cientistas optaram por chamar de glúons. Assim partículas que interagem com a força forte são os quarks e as partículas que não interagem são denominadas de léptons.

Seguindo o raciocínio de partículas mediadoras, também era necessário a detecção de partículas responsáveis pelo fenômeno de decaimentos e massa. No ano de 1960, cientistas elaboraram uma teoria unificando a força eletromagnética (mediada pelo fóton) e a força fraca agora chamada de força eletrofraca. Em 1967, os três bósons  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$ , responsáveis pela força fraca foram propostos por Steven Weinberg e detectados experimentalmente seis anos depois.

Encerrando essa parte, não podíamos de deixar de falar da partícula mais conhecida no momento, o *bóson de Higgs*, que leva o nome do seu idealizador Peter Higgs. Essa partícula é conhecida por dar massa a todas as outras partículas. Segundo a teoria de Peter, nos primórdios do universo as partículas não apresentavam massa, só que quando entraram em contato com esse mecanismo de Higgs passaram a ser massivas (com exceção do fóton e glúons). A confirmação experimental dessa partícula ocorreu em Julho 2012.

Essa saga que mostra a concepção atual da evolução do Universo, como vimos, começou faz alguns milênios e ainda estamos longe de encontrar a resposta definitiva, isso faz parte da ciência. Segundo estudos cosmológicos, não se conhece nem quatro por cento do universo, ou seja, o universo continua um enorme desconhecido. Porém o

que conhecemos até hoje está organizado no **Modelo Padrão (MP)** das Partículas Elementares.

### 3.2) Um pouco mais sobre Partículas Elementares

Foi apresentada uma breve sequência cronológica, partindo dos primeiros pensamentos filosóficos até a descoberta das Partículas Elementares, organizadas formando o atual modelo da constituição da matéria. Da descoberta do elétron até hoje, houve muitos mistérios desvendados, devido principalmente a um esforço dos cientistas do século XX. Neste momento vão ser destacados alguns conceitos importantes para a construção da SD.

#### 3.2.1) A organização do Modelo Padrão

Assim como Mendeleev organizou os elementos na tabela periódica, os cientistas também organizaram as Partículas Elementares no conhecido Modelo Padrão (MP). Este modelo classifica as partículas em *férmions* e *bósons mediadores*. Os férmions são subdividido em *quarks e léptons*, por apresentarem o número quântico de *spin semi-inteiro*. Já os bósons são partículas que realizam a interação das forças e tem o *spin inteiro*.

Quarks são partículas que unidas formam os *hadrões* (prótons e nêutrons, por exemplo). Esses *hadrões* quando são formados por três partículas como no caso do próton recebem o nome de **bárions** e quando são formadas por dois quarks recebem o nome de *mésons*. O interessante é que os *mésons* por serem formados de uma dupla de quarks, também se comportam como bósons mediadores devido a essa formação possibilitar spin-inteiro. O esquema a baixo facilita o entendimento:

Férmions (spins semi inteiro)		Bósons Mediadores (spin inteiro)	
Léptons	Quarks		
	Hadrões		
	Bárions	Mésons	

O MP tem 6 quarks (seis sabores) que estruturam as três gerações. A primeira geração é formada pelos quarks up com carga elétrica ( $+\frac{2}{3}e$ ) e quarks down carga elétrica ( $-\frac{1}{3}e$ ), esses são os quarks que constituem os prótons e nêutrons. Note que, caso da união de dois quarks up (u) e um down (d), a somatória das cargas elétricas será igual +1, assim pode-se concluir que o próton é formado por essa união de quarks (2u +1d). Nesse mesmo raciocínio o nêutron é formado por dois quarks down e um quark up, se verificarmos a adição das cargas elétricas dos quarks temos o valor zero, que é a carga elétrica do nêutron. A segunda geração é composta pelos quarks charme (c) ( $+\frac{2}{3}e$ ) e o estranho (s) ( $-\frac{1}{3}e$ ). A ultima geração é constituída pelo quark botton (b) ( $-\frac{1}{3}e$ ), e o pesado quark top (t) com carga elétrica ( $+\frac{2}{3}e$ ). A segunda e terceira geração devido as suas instabilidades somente é produzida em laboratórios em condições específicas como no mundo primordial. Outra característica importante dos quarks é outra propriedade intrínseca denominada carga cor, outro número quântico, proposto para resolver o principio de Pauli (*dois férmions não podem ter os mesmos números quânticos*). A carga cor pode ser achada em três cores, vermelho, verde e azul. Assim, os quarks apresentam seis sabores e cada sabor pode ser encontrado nas três cores, totalizando 36 quarks.

Os outros “tijolinhos” da matéria são os léptons, que também apresentam três gerações : a primeira é formada pelo elétron ( $e^-$ ), a segunda pelo múon ( $\mu$ ) e a terceira pelo tau ( $\tau$ ) todos com cargas elétricas negativas (-1e), lembrando que cada uma dessas partículas tem os seus respectivos neutrinos (partículas com carga zero e massa desprezível).

Modelo Padrão					
	1ª geração	2ª geração	3ª geração		
QUARKS	u	c	t	BÓSONS MEDIADORES	
	d	s	b		
LÉPTONS	$\nu_e$	$\nu_\mu$	$\nu_\tau$		$\gamma$
	$e^-$	$\mu$	$\tau$		g
				$Z^0$	
				$W^+, W^-$	

**Modelo Padrão das Partículas**- Esse modelo descreve as partículas elementares que formam o universo e suas interações.

As partículas responsáveis por realizar a interação de forças são os bósons mediadores, onde cada bóson tem sua função. A partícula que faz a interação eletromagnética é o fóton ( $\gamma$ ). Os bósons de Gauge  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$  são os mediadores da força fraca (responsáveis pelos fenômenos de decaimentos). Outro mediador da interação fraca é bóson de Higgs, a partícula que segundo a teoria proposta em 1964 por Peter Higgs é responsável por dar massa a todas as outras partículas. Ela foi detectada experimentalmente em 2012. A unificação dessas duas forças é chamada de força eletrofraca.

Os bósons responsáveis por mediar a interação forte fundamental que une os quarks na formação dos hádrons são os glúons, que também apresentam a propriedade carga cor (nas três cores) e tem 9 tipos. A principal característica que diferencia os léptons dos quarks é a interação com a força forte, pois só os quarks interagem com esse tipo de força. Cabe comentar, que os mesões  $\pi$  também realizam a interação forte, porém chamamos de força forte residual por ser feita em outra escala de distância. O quadro em seguida ilustra a relação entre a intensidade das forças:

Mediador	Interação	Intensidade
Glúon	Forte	1
Fóton	Eletromagnética	1/137
Bósons de Gauge	Fraca	$10^{-6}$
Bósons de Higgs	Fraca	?

Tabela com a razão entre as forças de interações: dados retirados do livro *“O discreto charme das Partículas Elementares”* (pg 219).

Outro assunto interessante sobre as partículas é que todos os quarks e léptons apresentam partículas de antimatéria, ou seja, partículas com mesmas características (massa, números quânticos), porém sinais opostos de carga elétrica como no caso do elétron e pósitron. Isso se deve à simetria do universo, mas sabemos que a matéria é dominante em relação à antimatéria.

Antes de finalizarmos esta parte não poderíamos deixar de comentar sobre o gráviton, a partícula responsável pela interação gravitacional. Mesmo sendo a mais antiga das interações a ser explicada, a sua teoria não é bem estabelecida, por isso ainda não está inserido no MP.

### 3.3) Partículas elementares e as leis de conservação

Baseado na situação de aprendizagem do caderno do aluno, sobre transformações de Partículas, trabalharemos leis importantes para a compreensão do mundo das partículas.

Como já citado anteriormente, através do aprimoramento dos aceleradores foi possível descobrir diversas partículas, na tabela abaixo é encontrada algumas dessas partículas, no qual, boa parte são mésons e hádrons.

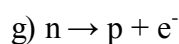
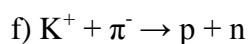
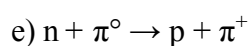
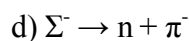
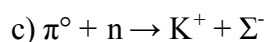
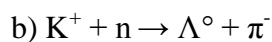
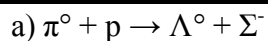
Mesons $q\bar{q}$						Baryons $qqq$ and Antibaryons $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$					
Mesons are bosonic hadrons. There are about 140 types of mesons.						Baryons are fermionic hadrons. There are about 120 types of baryons.					
Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c <sup>2</sup>	Spin	Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c <sup>2</sup>	Spin
$\pi^+$	pion	$u\bar{d}$	+1	0.140	0	$p$	proton	$uud$	1	0.938	1/2
$K^-$	kaon	$s\bar{u}$	-1	0.494	0	$\bar{p}$	anti-proton	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$	-1	0.938	1/2
$\rho^+$	rho	$u\bar{d}$	+1	0.770	1	$n$	neutron	$udd$	0	0.940	1/2
$B^0$	B-zero	$d\bar{b}$	0	5.279	0	$\Lambda$	lambda	$uds$	0	1.116	1/2
$\eta_c$	eta-c	$c\bar{c}$	0	2.980	0	$\Omega^-$	omega	$sss$	-1	1.672	3/2

### Dados dos principais Hadrons

Entre inúmeras leis de conservação presente no Mundo das Partículas Elementares, na sequência didática trabalharemos as de conservação de carga elétrica, conservação de energia e outra lei conhecida como conservação da carga cor.

#### 3.3.1) Conservação da carga elétrica

No decaimento de partículas em outras, uma das regras que devem ser obedecida é a da conservação de cargas elétricas. Por exemplo, na reação:  $\pi^- + p \rightarrow \Lambda^0 + K^0$ , veja que a soma das cargas na transformação inicial é igual a do final. A proposta curricular do Estado de São Paulo de física apresenta uma atividade onde se pede para observar algumas reações e dizer quais satisfazem a lei de conservação de carga elétrica. Essas transformações estão logo em seguida:



- **OBS: Exercício retirado da proposta curricular do Estado de São Paulo página 25 edição de 2008-4º bimestre -3º Ensino Médio.**

### 3.3.1.1) Proposta de Atividade 4

- Através da tabela de Mésons e Barions, esquematize algumas transformações possíveis de acontecer.

### 3.3.2) Conservação de Energia

Um dos conceitos mais fascinantes do estudo sobre partículas elementares é o “estudo do nada”, ou seja, as partículas surgem através da alta energia entre choques, explicada pela famosa equação Einstein  $E = mc^2$ , assim energia pode ser transformar em matéria ou vice e versa. Assim por exemplo na transformação,  $\gamma \rightarrow e^{-} + e^{+}$  (um fóton transformando em um elétron e um pósitron) é necessário uma energia de 1,022 MeV já que as duas partículas apresentam a mesma massa de  $0,511\text{MeV}/c^2$ . Mantendo o mesmo raciocínio, para criação de um próton e um antiprotón precisamos de um fóton com energia de aproximadamente 0,88 GeV (consulte a massa na tabela de Bárions). Note que a unidade de massa apresentada na tabela já está em função da velocidade da luz, assim, o resultado é dado em valor de energia.

### 3.3.2.1) Proposta de Atividade 5

- Novamente usando a tabela de mésons, bárions e os dados de massa do Modelo Padrão podem ser feitos cálculos de algumas transformações, utilizando o conceito de conservação de energia. Observe que nesse modelo Padrão os dados de massa em energia.

		fermions (3 générations de la matière)			bosons (forces)	
		I	II	III		
masse →		2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0	électromagnétisme
charge →		$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	
spin →		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
nom →		u up	c charm	t top	$\gamma$ photon	
	Quarks	4.8 MeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ d down	104 MeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ s strange	4.2 GeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ b bottom	0 0 1 g gluon	interaction forte
		<2.2 eV 0 $\frac{1}{2}$ $\nu_e$ neutrino électronique	<0.17 MeV 0 $\frac{1}{2}$ $\nu_\mu$ neutrino muonique	<15.5 MeV 0 $\frac{1}{2}$ $\nu_\tau$ neutrino tauique	91.2 GeV 0 1 $Z^0$ boson $Z^0$	interaction faible
	Leptons	0.511 MeV -1 $\frac{1}{2}$ e électron	105.7 MeV -1 $\frac{1}{2}$ $\mu$ muon	1.777 GeV -1 $\frac{1}{2}$ $\tau$ tau	80.4 GeV $\pm 1$ 1 $W^\pm$ boson W	interaction faible

**Modelo Padrão das Partículas elementares**

Uma análise interessante de ser feita é sobre o próton por exemplo. Como sabemos um próton é formado por 2 quarks up e 1 quark down. Se fizermos a somatória de energia desses quarks temos 9,6 MeV, já se olharmos o valor de energia do próton obtemos 938 MeV, o que faz pensar porque essa diferença de energia se estamos estudando em tese o mesma partícula? Essa diferença de 928,4 MeV, se deve ao fato de que os prótons é formado por quarks e glúons em um estado de confinamento.

### 3.3.3) Conservação de Carga Cor

Uma das leis de conservação desenvolvida pela Física de Partículas Elementares para explicar algumas características das partículas que sofrem interação com a força forte é a conservação de carga cor. As partículas que estão a mercê dessa nova característica são os quarks e os glúons, que podem ser encontradas na carga cor verde, vermelho ou azul e os antiquarks na carga cor amarelo, magenta ou ciano. Segundo esse

princípio a combinação dessas cores deve ser branco. Assim, para estruturar partículas devemos estruturar partículas nesse tipo de formato. Lembrando que:

Vermelho + Azul + Verde = Branco

Vermelho + Amarelo = Amarelo

Vermelho + Azul = Magenta

Verde + Azul = Ciano

### 3.3.3.1) Proposta de Atividade 6

- Depois de trabalhar todos esses conceitos, podemos verificar a formação da carga cor nas partículas da tabela de mésons e hádrons, tentando entender um pouco melhor essa propriedade.

### ***Aula 3: A TV e o LHC: O mundo em torno das Partículas***

No último encontro tivemos oportunidade de entender o mundo das partículas elementares e as leis de conservação que permeiam esse Universo. Já na aula de hoje iremos trabalhar como podemos observar esse universo tão invisível das Partículas.

Um conceito já bem discutido é que se quisermos entrar mais profundamente na matéria precisamos de mais energia. Vimos também que as primeiras ideias sobre a composição da matéria são pensamentos filosóficos e que as primeiras teorias científicas começaram a surgir com Dalton, em seguida com Thomson. Esse desenvolvimento no pensamento está totalmente atrelado ao avanço de instrumentos de medição que potencializam nossos sentidos de forma indireta. Nesse sentido a Física de Partículas Elementares apresenta esse sucesso devido ao avanço desses aparatos que chamamos de Aceleradores de Partículas.

#### **4.1) Tubo de Raios Catódicos**

A ideia básica de acelerador foi usada por J.J Thomson na descoberta de elétron na conhecida ampola de Crookes ou tubo de raios catódico que está ilustrado a seguir.



Figura 2 - Visão esquemática do aparelho de Thomson [7]. “Raios” repelidos pelo catodo são atraídos pelo anodo e alguns passam pelo colimador, formando um feixe. Esse feixe é defletido por placas ligadas a uma bateria, de modo a formar um forte campo elétrico entre elas; depois, move-se em uma região livre de forças, até bater na parede do tubo, produzindo um ponto de luz.

#### **Esquema do tubo de raios catódicos <sup>[4]</sup>**

Esse aparelho é conhecido com um dos primeiros aceleradores de partículas elementares e a base do funcionamento da TV de tubo. Assim, a maior parte das pessoas

tem ou já tiveram um acelerador de Partículas em sua residência e não imaginavam. Utilizando esse link, vamos primeiro trabalhar uma simulação de como funciona esse dispositivo básico e logo depois falaremos da maior máquina já desenvolvida pelo homem conhecida como LHC.

#### 4.1.1) Simulador de tubo de raios catódicos

O simulador está disponível no site do MEC no Link:

[http://rived.mec.gov.br/atividades/quimica/estruturaatomica/atividade2/qui1\\_ativ2.sw](http://rived.mec.gov.br/atividades/quimica/estruturaatomica/atividade2/qui1_ativ2.sw)

Vale ressaltar que esse simulador online é autoexplicativo e de fácil manuseio e entendimento. Logo em seguida, está um link que tem os passos para elaborar um modelo de raios catódicos elaborado pelo grupo ciência a mão da USP.

<http://www.ciencia.mao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=rip&cod= eletrostaticasimulador de>

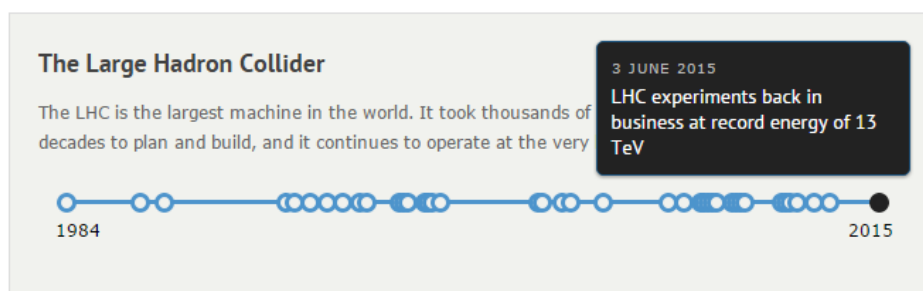
Após entender os conceitos básicos necessários, iremos falar sobre o LHC. Primeiramente, iremos citar alguns dados e números impressionantes sobre esse incrível experimento.

#### 4.2) LHC: A máquina

O LHC está localizado na fronteira entre a Suíça e França no CERN (European Organization for Nuclear Research) com o anel principal de 27 km de circunferência localizado a 100 metros de profundidade no Alpes Suíços. No anel principal se encontra 4 detectores (Alice, LHCb, Atlas e CMS) que são os “olhos” para entender melhor o Universo. Para construção foi necessário 9 bilhões de dólares, isso porque foi reaproveitado a estrutura do outro acelerador conhecido como LEP (Large Electron-Positron Collider), no qual, as principais nações que investem são Alemanha, Estados Unidos, Japão e Canadá. Atualmente o LHC conta com participação de mais de 10 mil

cientistas de 85 países. O próximo passo para continuarmos falando sobre o LHC é acessar página do LHC e explorar uma linha do tempo sobre os principais acontecimentos desde seu planejamento até dos dias atuais. O intuito de trabalhar essa linha do tempo é que o aprendiz saiba um pouco melhor sobre a história do LHC.

<http://home.cern/topics/large-hadron-collider>



**Linha do tempo do LHC com os principais fatos retirado do site do LHC**

### **Um pouquinho mais sobre o LHC**

O anel do LHC contém 130 toneladas de Hélio líquido, que são refrigerados, chegando a uma temperatura de 1,9K (-271,25°C), tornando-se a região mais fria do Universo. Nesse anel são depositados feixes de prótons em sentidos opostos, que circulam com uma velocidade próxima da luz que são direcionados pelos campos magnéticos a se colidirem, reproduzindo condições do mundo primordial. Os prótons nesse movimento chegam a dar em torno de 11 mil voltas por segundo. Para toda esse processo foi necessário a produção de 1232 super-eletoímãs de 15 metros de altura, 30 toneladas de massa, que geram campos magnéticos 100 mil vezes maior que o da terra, com custo de unitário de 700 mil Euros, totalizando um custo de 1 bilhão de dólares para os investidores. Além desses números dos imãs, outro fator impressionante foi à estrutura que foi utilizada para construir esses super-imãs em escala industrial e o transporte até o CERN.

Durante sua construção o LHC teve alguns imprevistos como esbarramento na Vila Galo-Romana do século IV, rio subterrâneos na construção do CMS, ocasionou um

atraso na inauguração do acelerador. Já em 2008, um acidente que custou para os cofres suíços 40 milhões de dólares atrapalhou o planejamento para a elevação de energia de funcionamento. Uma das frases que resume a dificuldade de construção do LHC foi dita pelo arquiteto chefe do LHC, Lyn Evans, “foi como montar um navio dentro de uma garrafa”.

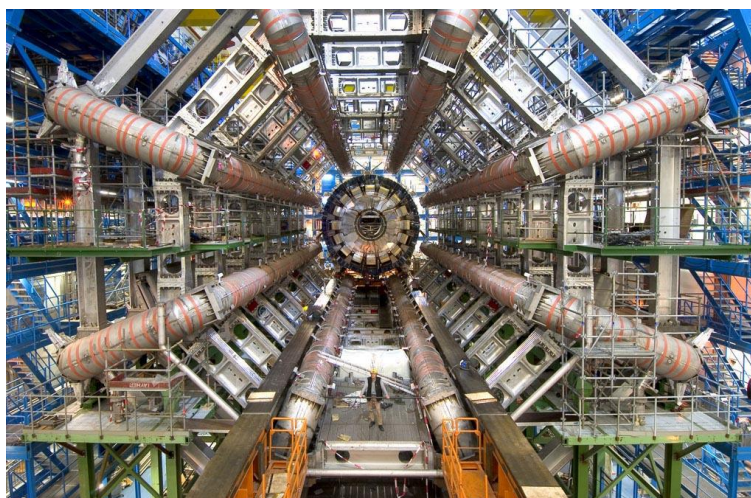
**Para entender como mais detalhes sugerimos a leitura da parte III- “Maquinário, Medidas e Probabilidade” do Livro Batendo À porta Do Céu, de Lisa Randall.**

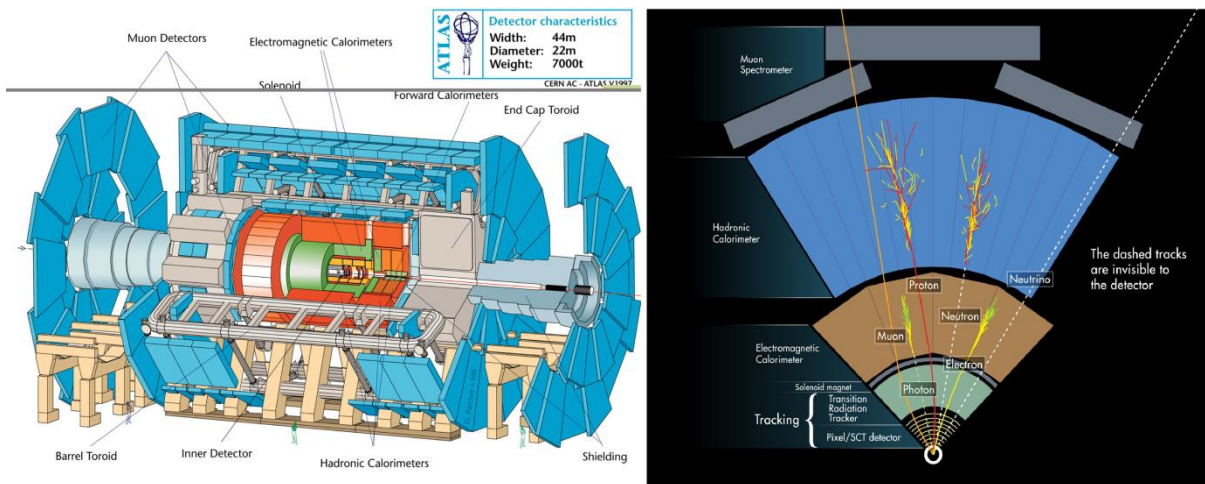
### **4.3) Como podemos ver o que não podemos ver?**

Como já discutimos no primeiro encontro, percebemos as dificuldades e limitações de fazermos medições indiretas. No LHC, quem faz esse papel de potencializar nossos sentidos são quatro detectores que estão instalados no anel principal, no qual, cada um tem sua função. Falaremos brevemente sobre o ATLAS, CMS, ALICE e LHCb, respectivamente.

#### **4.3.1) O ATLAS**

O ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS ou um aparelho toroidal para LHC) é o maior detector entre os outros com 46 metros de largura, 25 metros de diâmetro e altura. Conta com a participação de mais de 2000 físicos, de 34 países. Esse detector busca analisar a origem da massa das partículas e assimetria entre matéria e antimatéria.

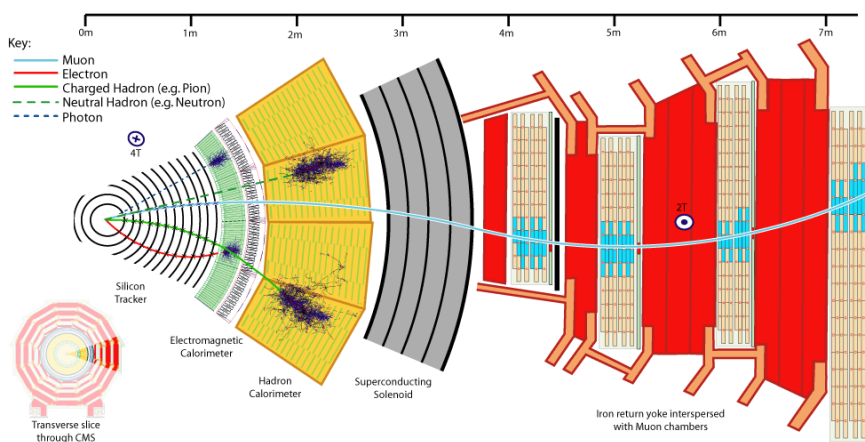
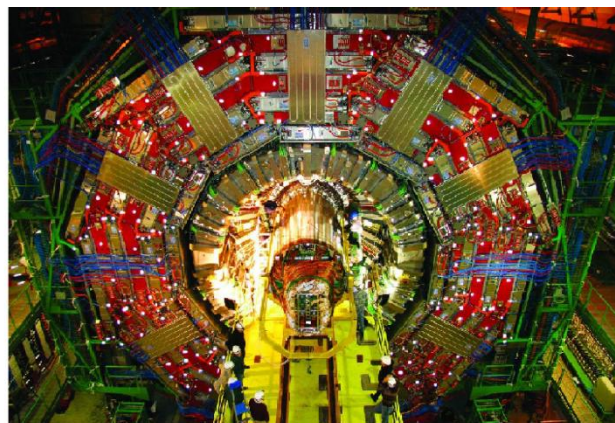
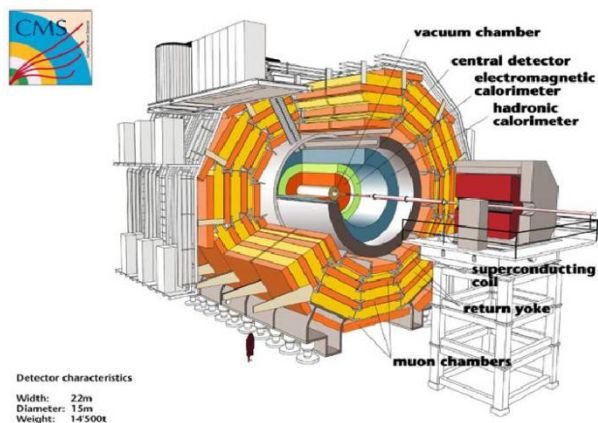




Imagens do ATLAS [5]

### 4.3.2) O CMS

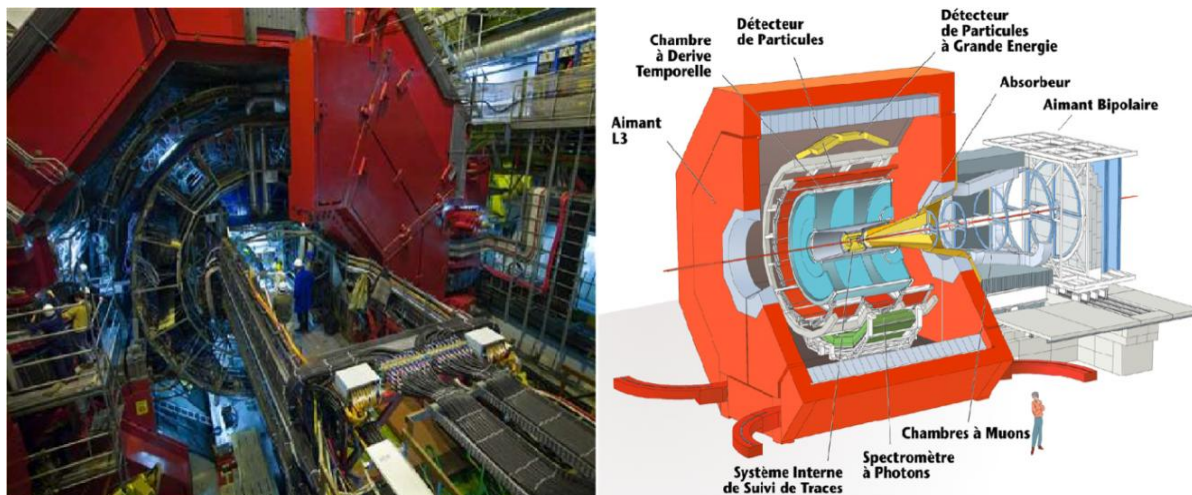
O Solenoide de Muons Compacto (CMS-Compact Muon Solenoid) é o maior solenoide existente do planeta.



Subdetectores do CMS: Sistema de Traços, ECAL, HCAL, Sistema de Múons. [6]

### 4.3.3) ALICE

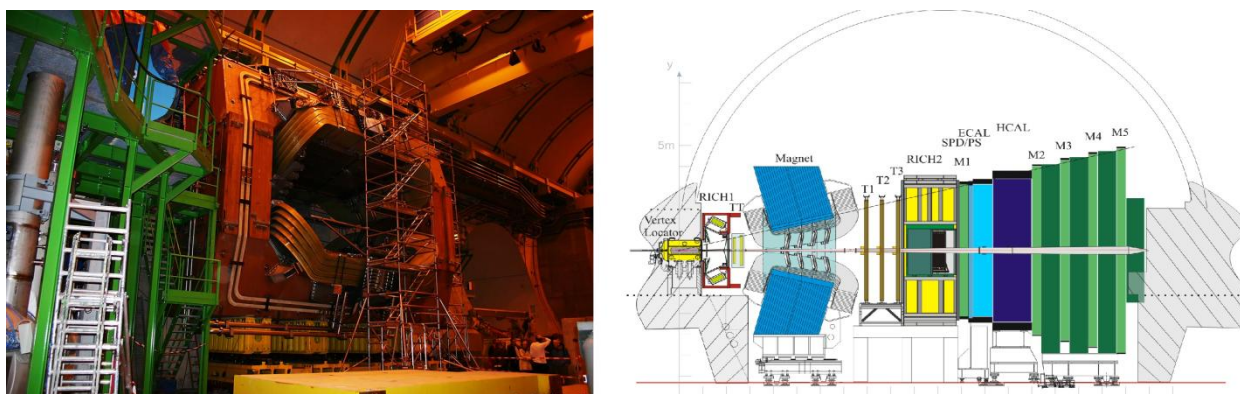
O ALICE (A Large Ion Collision Experiment ou Grande Experimento Colisor de Ion) tem como proposta estudar a dissociação de hádrons. A comissão do ALICE em participação de 1000 físicos.



Imagens do detector ALICE<sup>[7]</sup>

### 4.3.4) O LHCb

O Grande de Colisor de Botton (Large Hadron Collider beauty) é o aparelhos mais sensível já tentado pelo homem que será utilizado para estudar diferenças entre antimatéria e matéria.



LHCb- O detector mais sensível já desenvolvido pelo homem<sup>[8]</sup>

### 4.4) Game do LHC

Para finalizar o estudo sobre o LHC iremos trabalhar uma simulação que é denominada “game do LHC”, no qual, o objetivo é ligar o acelerador, só que antes é necessário realizar algumas etapas prévias, onde, são trabalhados os conceitos básicos para ativar o LHC. O jogo é encontrado no Link abaixo e pode ser feito o download.

<https://cern50.web.cern.ch/cern50/multimedia/LHCGame/StartGame.html>

#### 4.5) Atividade 7 : Buscando respostas

- Porque o LHC utiliza prótons nas colisões?
- É possível ter tetraquarks?
- Buracos negros no LHC podem devastar a Terra?

- **Resolver o exercício**

(UNICAMP) O Grande Colisor de Hádrons (Large Hadron Collider-LHC) é um acelerador de partículas que tem, entre outros propósitos, o de detectar uma partícula, prevista teoricamente, chamada bóson de Higgs. Para esse fim, um próton com energia de  $E=7 \times 10^{12}$  eV colide frontalmente com outro próton de mesma energia produzindo muitas partículas. O comprimento de onda ( $\lambda$ ) de uma partícula fornece o tamanho típico que pode ser observado quando a partícula interage com outra. No caso dos prótons do LHC,  $E= hc /\lambda$ . Qual é o comprimento de onda dos prótons do LHC?

#### 4.6) Qual o fato mais impressionante do Universo...

Finalizamos essa saga com o vídeo que foi um grande motivador para realização do trabalho, no qual, muitos pensamentos começaram a ter conexões. O nome do vídeo é “qual o fato mais impressionante do Universo” citado pelo Astrofísico Neil deGrasse Tyson e dublado por Guilherme Briggs.

<https://www.youtube.com/watch?v=7qr8KqJEw3M>

#### 4.6.1) Atividade 8: Discutindo um pouco mais.

Logo após a transmissão do vídeo pode ser feita uma roda de discussão baseado no que vimos em todos os encontros e fazendo uma pergunta que pode gerar muita discussão, por exemplo:

- Se todo esse investimento é válido com tantas pessoas passando fome no mundo?
- Será que essas tecnologia desenvolvidas no LHC vão ser usadas para guerra?

## Referências

ABDALLA, Maria Cristina Batoni. **O discreto charme das Partículas Elementares**. São Paulo: Editora UNESP, 2006.

GAARDER, J. **O mundo de Sofia: romance da história da filosofia**. JosteinGaarder; tradução João Azenha Jr. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

SÃO PAULO, Secretaria da Educação. Secretaria do Estado de São Paulo; **Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Física, ensino médio**; São Paulo, 2008.

SÃO PAULO, Secretaria da Educação. Secretaria do Estado de São Paulo; **Caderno do professor: física, ensino médio – 3ª série**. v.2; São Paulo, 2014

SIQUEIRA, M. R. P. **Do Visível ao Indivisível: uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

RANDALL, LISA. **Batendo à porta do céu: O bóson de Higgs e como a física moderna ilumina o universo**. Lisa Randall; tradução Rafael Garcia-led. São Paulo: Companhia das Letras, 2013.

### Sites

<http://htwins.net/scale2/lang.html>-Acesso em 16/11/2015

[http://www.sprace.org.br/Aventura Das Partículas/](http://www.sprace.org.br/Aventura_Das_Partículas/)-Acesso em 16/11/2015

[1] <http://www.sobiologia.com.br>-Acesso em 16/11/2015

[2] [plato.if.usp.br/](http://plato.if.usp.br/)-disponível em 30/08/2015

[3] <http://www.quimlab.com.br/> -Acesso em 16/11/2015

[4] <http://www.scielo.br/img/revistas/rbef/v33n1/23f2.jpg>- Acesso em 16/11/2015

[5] retirado do endereço <http://www.atlas.ch/photos/>- Acesso em 16/11/2015

[6] <http://cds.cern.ch/collection/CMS%20Photos?ln=en%20>- Acesso em 16/11/2015

[7] <http://alice-project-bestpictures.web.cern.ch/alice-project-bestpictures-> Acesso em 16/11/2015

[8] <http://lhcb-public.web.cern.ch/lhcb-public/en/detector/Detector-en.html>- Acesso em 16/11/2015