



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DOCÊNCIA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS  
E MATEMÁTICAS

SEBASTIÃO RODRIGUES-MOURA

**DA *WORLD WIDE WEB* ÀS PARTÍCULAS ELEMENTARES:  
sequência didática baseada no método DBR-TLS com vistas à  
alfabetização científica e técnica**

BELÉM - PA  
2016



SEBASTIÃO RODRIGUES-MOURA

**DA *WORLD WIDE WEB* ÀS PARTÍCULAS ELEMENTARES:  
sequência didática baseada no método DBR-TLS com vistas à  
alfabetização científica e técnica**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas do Instituto de Educação Matemática e Científica da Universidade Federal do Pará, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas.

Área de Concentração: Ensino, aprendizagem e formação de professores de Ciências e Matemáticas.

Linhas de Pesquisa: Ensino e Aprendizagem de Ciências e Matemática para a educação cidadã.

Orientador: Prof. Dr. Licurgo Peixoto de Brito.

Co-Orientador: Prof. Dr. Alexandre Guimarães Rodrigues.

BELÉM - PA  
2016

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) –  
Biblioteca do IEMCI, UFPA**

---

Rodrigues-Moura, Sebastião.

Da World Wide Web às partículas elementares: sequência didática baseada no método DBR-TLS com vistas à alfabetização científica e técnica / Sebastião Rodrigues-Moura, orientador Prof. Dr. Licurgo Peixoto de Brito, Co-orientador Prof. Dr. Alexandre Rodrigues Guimarães – 2016.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Educação Matemática e Científica, Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas, Belém, 2016.

1. Física (Segundo Grau) – estudo e ensino. 2. WWW (Sistema de recuperação da informação). 3. Partículas (Física nuclear). 4. Prática de ensino. I. Brito, Licurgo Peixoto, orient. II. Título.

CDD - 22. ed. 530.07

---

SEBASTIÃO RODRIGUES-MOURA

**DA *WORLD WIDE WEB* ÀS PARTÍCULAS ELEMENTARES:  
sequência didática baseada no método DBR-TLS com vistas à  
alfabetização científica e técnica**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas do Instituto de Educação Matemática e Científica da Universidade Federal do Pará, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas.

Data de aprovação: 14 de dezembro de 2016.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Licurgo Peixoto de Brito – ORIENTADOR  
Instituto de Educação Matemática e Científica / Universidade Federal do Pará (IEMCI/UFPA)

---

Prof. Dr. Alexandre Guimarães Rodrigues – CO-ORIENTADOR  
Instituto de Tecnologia / Universidade Federal do Pará (ITEC/UFPA)

---

Prof. Dr. Danilo Teixeira Alves – MEMBRO INTERNO  
Instituto de Educação Matemática e Científica / Universidade Federal do Pará (IEMCI/UFPA)

---

Prof. Dr. Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira – MEMBRO EXTERNO  
Faculdade de Educação / Universidade de São Paulo (FE/USP)



***Dedico a Deus.***

*“E tudo o que pedires em oração, crendo, o recebereis”.*  
*(Mateus 21: 22)*



## AGRADECIMENTOS

A Deus, sempre! Pelas infinitas bênçãos alcançadas e pela saúde concedida...

À minha família, em especial, à minha mãe Tereza Moura, que sempre esteve ao meu lado me apoiando nas mais difíceis tarefas de buscar aprimoramento pessoal e profissional. Ao meu irmão Willami Moura, à sua esposa Rosiane Alves e ao nosso dengo, Gustavo Moura. À minha irmã Rosemary Rodrigues, ao seu esposo Jonatas Brito e ao nosso sapeca lindo, João Pedro Rodrigues. Amo-os demais!

À Universidade Federal do Pará, principalmente ao Instituto de Educação Matemática e Científica, pela minha acolhida na pós-graduação enquanto professor-pesquisador.

Aos meus orientadores, Profs. Licurgo Brito e Alexandre Rodrigues, pela aceitação e oportunidade de trabalharmos juntos, sempre ajudando e colaborando na realização deste trabalho, pelas discussões e pelo tempo dedicado às nossas atividades.

A todos os amigos da turma PPGDOC 2014 “pioneiros”, principalmente àqueles que fazem parte da equipe “*Quem te chamou pra cá?*”: Alice Sousa, Carla Regina Machado, Dayane Carvalho, Gleyce Thamyris, Josi Reis, Mary Lopez, Orlando Arnaud, Renata Lourinho e Rider Moura, pois sempre me apoiaram, nunca me deixaram fraquejar e, nos momentos mais difíceis da escrita, me deram forças para seguir.

E a todos os demais que contribuíram direta ou indiretamente ao êxito desse processo.



*Nele fostes ricamente contemplados com todos os dons, com os da palavra e os da ciência, tão solidamente foi confirmado em vós o testemunho de Cristo. Assim, enquanto aguardais a manifestação de nosso Senhor Jesus Cristo, não vos falta dom algum. Ele há de vos confirmar até o fim, para que sejais irrepreensíveis no dia de nosso Senhor Jesus Cristo.*

*1Coríntios 1:5-8*



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ALICE</b>	<i>A Large Ion Collider Experiment</i> (Um Experimento do Grande Colisor de Íons)
<b>ACT</b>	Alfabetização Científica e Técnica
<b>ATD</b>	Análise Textual Discursiva
<b>ATLAS</b>	<i>A Toroidal LHC ApparatuS</i> (Dispositivo Instrumental Toroidal para o LHC)
<b>BDTD/IBICT</b>	Biblioteca Digital de Teses e Dissertações do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
<b>CAPES</b>	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
<b>CBQ</b>	Congresso Brasileiro de Química
<b>CERN</b>	<i>Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire</i> (antigo acrônimo para a Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear)
<b>CMS</b>	<i>Compact Muon Solenoid</i> (Solenóide de Múon Compacto)
<b>CPEP</b>	<i>Contemporary Physics Education Project</i> (Projeto de Educação em Física Contemporânea)
<b>CTS</b>	Ciência, Tecnologia e Sociedade
<b>CTSA</b>	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
<b>DCNEM</b>	Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
<b>DBR</b>	<i>Design Based Reseach</i> (Pesquisas Baseadas em <i>Design</i> )
<b>FMC</b>	Física Moderna e Contemporânea
<b>HTML</b>	<i>HyperText Make-up Language</i> (Linguagem de Marcação de Hipertexto)
<b>HTTP</b>	<i>HyperText Transfer Protocol</i> (Protocolo de Transferência de Hipertexto)
<b>IEMCI</b>	Instituto de Educação Matemática e Científica
<b>LDBEN</b>	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
<b>LHC</b>	<i>Large Hadron Collider</i> (Grande Colisor de Hádrons)
<b>LHCb</b>	<i>Large Hadron Collider beauty</i> (Grande Colisor de Hádrons / quark bottom)
<b>LINAC</b>	<i>Linear Particle Accelerator</i> (Acelerador de Partículas Linear)
<b>MEC</b>	Ministério da Educação
<b>MP</b>	Modelo Padrão
<b>PCNEM</b>	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio

<b>PhET</b>	<i>Physicals Educational Technology</i> (Tecnologia Educacional de Física)
<b>PNLD</b>	Plano Nacional do Livro Didático
<b>PPGDOC</b>	Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas
<b>TLS</b>	<i>Teaching-Learning Sequences</i> (Sequências de Ensino e Aprendizagem)
<b>UEL-PR</b>	Universidade Estadual de Londrina - Paraná
<b>UFC</b>	Universidade Federal do Ceará
<b>UFMS</b>	Universidade Federal do Mato Grosso do Sul
<b>UFPA</b>	Universidade Federal do Pará
<b>UFRGS</b>	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
<b>UFRJ</b>	Universidade Federal do Rio de Janeiro
<b>UFSC</b>	Universidade Federal de Santa Catarina
<b>URL</b>	<i>Uniform Resource Locator</i> (Localizador Padrão de Recursos)
<b>USP</b>	Universidade de São Paulo
<b>WWW</b>	<i>World Wide Web</i> (Rede Mundial de Computadores)

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 2.1 – ESQUEMA GERAL DA METODOLOGIA DBR.....	34
FIGURA 2.2 – LOSANGO DIDÁTICO DA ABORDAGEM TLS.....	37
FIGURA 3.1 – PLANEJAMENTO ESTABELECIDO PARA A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	48
FIGURA 3.2 – PROPOSTA DE <i>DESIGN</i> .....	57
FIGURA 4.1 – <i>DESIGN</i> DO BLOG CRIADO PELAS EQUIPES.....	74
FIGURA 4.2 – VISUALIZAÇÕES DA PÁGINA DO BLOG POR PAÍS.....	75
FIGURA 4.3 – CONVITE DO MINICONGRESSO ESCOLAR .....	97



## **LISTA DE QUADROS**

<b>QUADRO 1.1: LEVANTAMENTO DE DISSERTAÇÕES E TESES.....</b>	<b>24</b>
<b>QUADRO 2.1 – GRUPOS DE PRINCÍPIOS DE DESIGN E OS PRINCIPAIS FOCOS POR ELES PRIORIZADOS .....</b>	<b>34</b>
<b>QUADRO 2.2 – PROPOSTAS TEMÁTICAS USANDO A ABORDAGEM TLS PRODUZIDAS NO NUPIC .....</b>	<b>39</b>
<b>QUADRO 3.1 – TIPOLOGIA DAS QUESTÕES PARA REFLEXÃO POR LIÇÕES... </b>	<b>62</b>
<b>QUADRO 4.1 – QUESTÕES MAIS RECORRENTES POR LIÇÃO .....</b>	<b>77</b>
<b>QUADRO 4.2 – EIXOS DE ANÁLISE E CATEGORIAS DESENVOLVIDAS A PARTIR DOS WEBFÓLIOS .....</b>	<b>78</b>



## RESUMO

Com o objetivo de contribuir para a melhoria da prática do ensino de física no nível médio, esta pesquisa apresenta a produção e aplicação de uma sequência didática com seis lições visando à inserção da física moderna e contemporânea no ensino médio, observando-se os elementos da Alfabetização Científica e Técnica (ACT) conforme estabelece Fourez (1994). A elaboração foi feita por uma equipe de professores-pesquisadores, tendo como foco a física de partículas e o contexto histórico da criação da *World Wide Web* (WWW), pautando-se nos fundamentos da *Design Based Research* (DBR) - conforme estabelecido por Brown (1992) e Collins (1992) - e a *Teaching-Learning Sequences* (TLS), seguindo Lijnse (1995) e Mèheut & Psillos (2004). Ambos englobam a gestão de todo o processo que envolve a aplicação e reaplicação de ciclos em que os procedimentos da proposta são avaliados e reelaborados. Em relação à esta sequência de ensino-aprendizagem específica, uma atenção especial foi dada para os aspectos de coerência interna que estão relacionados com a percepção da intenção didática de todos os participantes da pesquisa. Com essa finalidade, propõe-se um conjunto de elementos-articuladores e problematizações para fornecer uma "espinha dorsal" perceptível em toda a TLS. Além da sequência didática, foi construído um "Guia Didático" para o professor contendo os conteúdos mínimos abordados, orientações para atividades didáticas, o tempo estimado para cada atividade e observações relevantes para apoiar a discussão, a orientação e a prática pedagógica durante as aulas. Também foram produzidos um jogo de tabuleiro e um minicongresso escolar que podem vir a ser potenciais materiais de educação científica e técnica. Esse conjunto composto da sequência didática e o guia (tutorial do jogo e o minicongresso) constitui-se como produto e subprodutos educacionais desenvolvidos no âmbito da pesquisa. Como uma experiência pedagógica de aplicação desse conjunto, foi desenvolvida em uma escola pública estadual de um município do nordeste paraense, distante cerca de 150 km da capital, envolvendo aproximadamente 30 estudantes do terceiro ano do ensino médio entre os meses de janeiro e março de 2016. Durante essa experiência, foram registradas as ocorrências relevantes em um diário de docência e os estudantes, reunidos em seis equipes, produziram *webfólios* sob a minha orientação docente. Esses dois instrumentos compuseram o material empírico que analisei à luz do referencial de ACT e com as diretrizes da Análise Textual Discursiva, embasada em Moraes e Galiuzzi (2011). Dessa forma, buscou-se responder a seguinte questão de investigação: *Como a implementação de uma sequência didática sobre física de partículas pode estimular a alfabetização científica e técnica?* Do material empírico da pesquisa com enfoque qualitativo - notadamente o diário de docência, os *webfólios* e também as referências em ACT - foram identificados cinco eixos de análise: (1) A *World Wide Web* e a Internet são aplicações tecnológicas com funcionalidade distintas; (2) As "verdades absolutas" na ciência; (3) Todos os investimentos financeiros na investigação científica são necessários para a sociedade; (4) O Brasil e os interesses em todo do CERN/LHC; e, (5) Investimentos, novas partículas e os desafios de descobertas científicas. A análise da produção dos estudantes, em que foi particularmente aplicado o método da ATD, revelou elementos técnico-científicos, etimológicos, históricos, epistemológicos, midiáticos, científico-tecnológicos, sociais, financeiros, tecnológicos, econômicos, sócio-políticos, conforme as características da abordagem ACT, que se constituíram em categorias de análise ligadas aos cinco eixos já mencionados. A análise revelou boa qualidade na produção dos estudantes e seu engajamento na proposta, muito além do que o esperado neste nível de ensino. Nesse sentido, pelo menos dez elementos da ACT foram identificados nos discursos dos estudantes em face à motivação da sequência didática proposta. Além disso, esses elementos foram recorrentes nos *webfólios* de diversos grupos, o que reforça a expectativa de que uma sequência didática adequadamente planejada pode favorecer aspectos da ACT. Apenas o aspecto etimológico foi identificado em um só grupo, o que se justifica por ser este

um elemento mais elaborado. Assim, os questionamentos apresentados nas atividades de cada lição, os momentos de problematização e a criação de um blog, como espaço de discussão e colaboração, revelaram-se como estratégias adequadas para o desenvolvimento da ACT e contribuem para compor uma resposta à questão de investigação. As realizações no âmbito desta pesquisa estimulam a disseminação da produção e do uso de sequências didáticas no ensino médio buscando atender às expectativas de eficácia e diversificação de estratégias que concorrem para a melhoria desse nível de ensino.

**Palavras-chave:** sequência didática; ACT; física de partículas; ensino médio; método DBR-TLS.

## **ABSTRACT**

*With the objective of contributing to the improvement of the practice of physics teaching in the middle school level, this research presents the production and application of a didactic sequence with six lessons aimed at the Modern and Contemporary Physics in high school, observing the elements of Scientific and Technical Literacy (STL) established by Fourez (1994). The drafting was done by a team of professors-researchers, focusing on particle physics and the historical context of the creation of the World Wide Web (WWW), focusing on the fundamentals of Design Based Research (DBR), as established by Brown (1992) and Collins (1992), and the Teaching-Learning Sequences (TLS) following Lijnse (1995) and Mèheut & Psillos (2004). Both include the management of the whole process that involves applying and reapplying of cycles in which the proposed procedures are evaluated and reformulated. In relation to this sequence of specific teaching and learning, special attention was given to the aspects of internal coherence that are related to the perception of didactic intention by all participants of the survey. For this purpose, it proposes a set of elements-articulators and questioning as resources to provide a "backbone" noticeable throughout the TLS. In addition to the didactic sequence, build a "Didactic Guide" for teachers containing the minimum contents, guidelines for educational activities, the estimated time for each activity and relevant observations to support the discussion, orientation and pedagogical practice during class. Were also produced a board game and a school minicongress that may be potential scientific and technical education materials. This set consisting of didactic sequence and the guide, tutorial of the game and the minicongress, is product and by-products developed within the framework of educational research. As a pedagogical experience of application of that set, was developed in a public school in a municipality of the northeastern of Pará about 150 km from the capital, involving some 30 students of the third year of high school, between the months of January to March, 2016. During this experience, were registered relevant occurrences in a journal of teaching and students, gathered in six teams, produced web-portfolios under my guidance. These two instruments composed the empirical material that analyzed the light of STL reference and the guidelines of the Discursive Textual Analysis (DTA) based on Moraes & Galiazzi (2011). Thus, sought to answer the following research question: How the implementation of a didactic sequence about particle physics can stimulate scientific and technical literacy? The empirical material of the research with qualitative approach, notably the teaching and the journal web-portfolios, and considering also the references in STL, were identified five axes of analysis: (1) the World Wide Web and the Internet are technical applications with distinct functionality; (2) The "absolute truths" in science; (3) All financial investment in scientific research is necessary for society; (4) The Brazil and interests around the CERN/LHC; and, (5) Investments, new particles and the challenges of scientific discoveries. The analysis of students' production, it was particularly applied the method of DTA, showed technical and scientific elements, etymological, historical, epistemological, mass media, scientific-technological, financial, technological, social, economic, socio-political, according to the characteristics of the STL approach, which constituted in categories of analysis related to five axes already mentioned. The analysis showed good quality in the production of the students and their involvement in the proposal, beyond the expected in this level of education. In this sense, at least ten elements of the STL have been identified in the speeches of the students face the motivation of the didactic proposal. In addition, these elements were applicants in web-portfolios of various groups, which reinforces the expectation that a didactic sequence properly planned can promote aspects of the STL. Only the etymological aspect was identified in one group, which is justified for this be a more elaborate element. So, the questions presented in each lesson, the*

*moments of questioning and the creation of a blog as a space for discussion and collaboration proved as appropriate strategies for the development of the STL and contribute to compose an answer to the research question. The achievements under this research stimulate the dissemination of production and the use of didactic sequences in high school seeking to meet the expectations of efficiency and diversification of strategies that compete for the improvement of this level of education.*

**Keywords:** *didactic sequence; STL; particle physics; high school; DBR-TLS method.*

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>I – UM OLHAR PARA MUDANÇAS DIDÁTICAS .....</b>	<b>17</b>
1.1 UMA NOVA PROPOSTA DIDÁTICA PARA A AÇÃO DOCENTE .....	17
1.2 POR QUE FÍSICA DE PARTÍCULAS PARA O ENSINO MÉDIO? .....	19
1.3 FÍSICA DE PARTÍCULAS NO ENSINO MÉDIO A PARTIR DE TESES E DISSERTAÇÕES .....	22
<b>II - TECENDO ARTICULAÇÕES ENTRE OS REFERENCIAIS TEÓRICO-METODOLÓGICOS .....</b>	<b>28</b>
2.1 AS PESQUISAS BASEADAS EM DESIGN: CONTEXTO HISTÓRICO .....	28
2.1.1 DEFINIÇÕES E CARACTERÍSTICAS DA ABORDAGEM DBR .....	32
2.2 A ABORDAGEM TLS (TEACHING-LEARNING SEQUENCES) .....	35
2.2.1 DEFINIÇÕES E CARACTERÍSTICAS DA ABORDAGEM TLS .....	38
2.3 PONTOS DE CONVERGÊNCIAS NA ABORDAGEM DBR-TLS .....	42
2.3.1 USO DA ABORDAGEM DBR-TLS NO MESTRADO PROFISSIONAL .....	43
2.4 A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TÉCNICA (ACT) PARA A FORMAÇÃO CIDADÃ .....	45
<b>III - PLANEJAMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....</b>	<b>48</b>
3.1 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA E OS DESAFIOS DE ELABORAÇÃO .....	48
3.2 PRINCÍPIO DE DESIGN DA PROPOSTA DIDÁTICA .....	51
3.3 ITENS ESTRUTURADORES DA “ESPINHA-DORSAL” DA TLS .....	56
<b>IV - DELINEAMENTO METODOLÓGICO DA PESQUISA E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS .....</b>	<b>65</b>
4.1 ABORDAGEM QUALITATIVA DA PESQUISA .....	65
4.2 CONTEXTO DE APLICAÇÃO DA PESQUISA .....	66
4.3 SUJEITOS DA PESQUISA .....	66
4.4 INSTRUMENTOS DE PESQUISA PARA A COLETA DE DADOS .....	69
4.5 ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....	71
4.6 ANÁLISE DA PRODUÇÃO DOS WEBFÓLIOS .....	76
4.7 ANÁLISE DE APLICAÇÃO DO JOGO DE TABULEIRO E O MINICONGRESSO ESCOLAR .....	94
4.8 AVALIAÇÃO INTERNA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....	100
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>110</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>119</b>





## INTRODUÇÃO

A formação dos estudantes para a cidadania deve permear toda a sua carreira educacional e deve compreender toda a sua continuidade até a formação profissional, pois permite ao mesmo sentir-se como um membro de uma comunidade, de um grupo social, para que seja capaz de tomar decisões, pensando-se no coletivo.

Diante dessa concepção da educação, senti<sup>1</sup> a necessidade de produzir uma pesquisa acerca de uma experiência didático-pedagógica enquanto professor-pesquisador e que valorizasse a formação dos estudantes para a cidadania. Com essa intenção, elaborei a presente proposta didática para a educação básica, mais especificamente para um grupo de estudantes da série final do ensino médio, no qual o currículo escolar deve firmar-se para a competência do

**desenvolvimento do pensamento sistêmico**, ao contrário da compreensão parcial e fragmentada dos fenômenos, da criatividade, da curiosidade, da capacidade de pensar múltiplas alternativas para a **solução de um problema**, ou seja, do desenvolvimento do pensamento divergente, da **capacidade de trabalhar em equipe**, da disposição para procurar e aceitar críticas, da disposição para o risco, do **desenvolvimento do pensamento crítico**, do saber comunicar-se, da **capacidade de buscar conhecimento**. Estas são competências que devem estar presentes na esfera social, cultural, nas atividades políticas e sociais como um todo, e que são condições para o **exercício da cidadania** num **contexto democrático**. (BRASIL, 2000, p.11-12)

Desse modo, em conformidade com as ideias expressas no excerto dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's<sup>2</sup>), acima mencionado, o ensino de física no contexto do ensino médio traz importantes tendências capazes de aprimorar a prática docente e inserir elementos

---

<sup>1</sup>Na maior parte da escrita da minha dissertação apresento verbos na primeira pessoa do singular, apesar de isso não ser habitual em um texto acadêmico, venho destacar a justificativa da narrativa e dos discursos apresentados para deixar claro ao leitor as minhas escolhas pessoais, visão de mundo e experiências que trago durante minha formação acadêmica e profissional para as discussões. Para Martin (1992), essa é uma importante consideração para deixar claro o sujeito em suas falas, quando fala e de como vê o mundo, mesmo considerando o autor como autor de suas escolhas, princípios e percepções. Em alguns momentos, usarei verbos na primeira pessoa do plural para destacar a relação da equipe de trabalho, implícita quando necessária (orientando/orientador/co-orientador) e quando utilizar a voz verbal acompanhada do pronome “se”, não é objetivo de distanciar-se do assunto ou dos argumentos, mas deixar a impessoalidade no texto, quando não houver necessidade de trazer argumentos pessoais. Além disso, é uma característica histórica e ideológica do Instituto de Educação Matemática e Científica (IEMCI) o uso da pesquisa narrativa, apesar de não ser esta a abordagem metodológica utilizada neste trabalho.

<sup>2</sup>Embora os PCN's sejam documentos orientadores e não-normativos com quase duas décadas, é inegável sua contribuição para as mudanças que vivenciamos atualmente no ensino básico, assim como a adequação e contemporaneidade de suas orientações.

didáticos e pedagógicos, em sala de aula, para a formação básica de indivíduos a atuarem em sociedade, no exercício pleno de sua cidadania.

Conforme preveem a Constituição Federal do Brasil (BRASIL, 1988), em seu artigo 205, bem como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996), artigo 22, a educação é um direito de todos, sendo a sua promoção um dever do Estado e da família, priorizando a formação do indivíduo para exercer sua cidadania plena, bem como desenvolver meios para a sua inserção no mercado de trabalho.

A produção científica de pesquisadores em educação em ciências e, em particular, no ensino de física destaca a inserção dos conteúdos tradicionais<sup>3</sup> que o currículo de física apresenta durante o ensino médio e apresentam posturas didáticas para a mudança no currículo escolar (TERRAZAN, 1992; OSTERMANN, 1999; OSTERMANN e CAVALCANTI, 2001; BROCKINGTON, 2005; PINHEIRO, 2011; KNEUBIL, 2013; NICOLAU-JUNIOR, 2014; COSTA, 2015, JESUS-NETO, 2015). A inclusão de temas atuais da ciência capazes de motivar tanto os estudantes como os professores a um novo panorama educacional ainda não é uma realidade vivenciada pelos estudantes das escolas brasileiras.

Muito se debate acerca da inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio: seja para compreender o mundo criado pelo homem contemporâneo, pela formação cidadão dos estudantes do ensino médio, por reconhecer a física como uma ciência humana, para entender as tecnologias modernas e até mesmo conduzir os estudantes a uma nova visão de mundo, mais abrangente e transformadora, como nos aponta Pena (2006) acerca dos fatores que justificam os professores de física da educação básica à inclusão de conteúdos de FMC na sala de aula.

Nessa caminhada acadêmica e profissional, eu me propus a realizar estudos e pesquisas voltadas para a área de física moderna e contemporânea e sua inserção no ensino médio, com posterior publicações em eventos da área de ensino (MOURA *et al*, 2013; MOURA *et al*, 2014). Foi um período no qual pude ter maior contato com outros pesquisadores, em que comecei a me interessar pelo campo da física de partículas e pelo seu

---

<sup>3</sup> Com colaboração, abordo a discussão sobre as características do ensino de física com conteúdos tradicionais no ensino médio em um artigo publicado na Revista *Inform@ção* (RODRIGUES-MOURA e BRITO, 2016) pelo fato de conteúdos programáticos ainda manterem traços de sequências tradicionais de ensino dos séculos anteriores, deixando os estudantes às margens de todo o conhecimento científico e tecnológico desenvolvido pela ciência moderna nos últimos anos e, diante disso, apresentamos a proposta EFAT (Ensino de Física Através de Temas) de Brito (2004) como uma alternativa para a valorização de temas contemporâneos da ciência como um paradigma de formação científica e social dos estudantes com enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

fascínio como uma área a qual vem sendo desbravada por estudiosos e já desenvolvida como propostas didáticas para o nível médio.

Em um curso de especialização - devido à inquietação já apresentada em minhas pesquisas com a perspectiva atual em educação em ciências, em especial, de como o ensino de física vem sendo trabalhado nas escolas públicas - desenvolvi um mapeamento bibliográfico sobre o ensino de física de partículas no nível médio (MOURA, 2014), com o objetivo de analisar o estado da arte das produções acadêmicas brasileiras que abordam a temática voltada para a difusão dos conhecimentos da ciência neste nível de ensino.

Diante desse cenário formativo e profissional, busquei aprimoramento no mestrado para propor uma pesquisa didática aplicada ao contexto real de sala de aula, principalmente por saber que grande parte do desenvolvimento da ciência e tecnologia atual é reflexo das grandes descobertas que ocorreram no campo da física e que compreendem as inovações, as quais modificaram radicalmente o mundo nos últimos séculos; particularmente, refiro-me às descobertas da FMC que transformaram a sociedade no modo de pensar sobre a ciência e a tecnologia.

Com a intenção de contribuir para a superação dessa lacuna, propus, testei, analisei e aprimorei uma sequência didática, tomando como base a abordagem DBR-TLS (*Design-Based Research – Teaching-Learning Sequences*) que traz o rigor do planejamento, da experimentação e análise para o replanejamento no contexto da pesquisa em ensino - logo vai além da simples elaboração de um produto para fins de aplicação em sala de aula- e implica em práticas diferenciadas para auxiliar o professor que busca diversificar, com segurança, sua dinâmica de trabalho.

Tratou-se de uma missão a ser encarada na minha formação acadêmica e profissional, porém, para esse processo, levando em consideração as possíveis intervenções pedagógicas durante a elaboração das atividades e o próprio referencial teórico adotado, o uso de teorias de ensino e aprendizagem contribuíram tanto para os procedimentos adotados como para as minhas atitudes formativas que foram bem estabelecidos e serão discutidos adiante.

Pensar em estruturas didáticas que propiciem um aporte cognitivo satisfatório ao processo de ensino e aprendizagem de temas contemporâneos de física me fez pensar em atividades diversificadas, não apenas como pesquisador, mas enquanto professor capaz de refletir sobre a minha própria prática. Problematicar o ensino de conteúdos científicos para estudantes do ensino médio de uma escola pública remeteu a algumas restrições como o ano letivo com seus períodos feriados e facultados, e às vezes suprimidos por greves e

paralizações, assim como deve-se considerar as limitações da formação inicial e continuada de professores e das possibilidades de aprendizado dos estudantes.

Nesse cenário, a elaboração de uma sequência didática sobre física de partículas me conduziu ao grande desafio de pensar sobre o conhecimento científico desenvolvido pelos cientistas e a desenvolver um planejamento sobre o que ensinar e as (im)possibilidades acerca de quais atividades levar à sala de aula para a apreensão do saber pelos estudantes.

Propus assim, os elementos da abordagem DBR-TLS e do ensino de ciências com enfoque na Alfabetização Científica e Técnica (ACT) dos estudantes como referenciais teórico-metodológicos para a construção de conhecimentos de FMC, tão discutidos na comunidade científica e que ainda desafia os professores para que seja transformado em um conhecimento de sala de aula ao ser compartilhado com os estudantes do ensino médio. Mesmo merecendo alguns recortes para finalidades didáticas, esses conhecimentos não devem distorcer a essência da ciência, ainda que ela seja reconhecidamente provisória; mas, nem por isso, distante da vida cotidiana dos cidadãos.

Diante disso, a proposta permite fazer uma sustentação teórica de uma sequência de ensino com abordagem metodológica diferenciada do ensino tradicional de física, na perspectiva de articular um conteúdo de física moderna e contemporânea com princípios de *design* bem estabelecidos pelo professor-pesquisador juntamente aos seus orientadores, conforme esclareço adiante, e direciono minha proposta a responder a seguinte questão de pesquisa: ***Como a implementação de uma sequência didática sobre física de partículas pode estimular a alfabetização científica e técnica?***

Diante dos interesses da proposta didático-pedagógica sobre física de partículas, para facilitar a aprendizagem dos estudantes sobre esse importante conhecimento científico, orientei a proposta com o objetivo geral voltado para ***analisar a apropriação de conhecimento de estudantes a partir da aplicação de uma sequência didática sobre física de partículas com vistas à alfabetização científica e técnica.***

Voltado a esse objetivo geral, elenquei os seguintes objetivos específicos: (1) *Desenvolver uma sequência didática sobre física de partículas com atividades didáticas diversificadas com ênfase na alfabetização científica e técnica, segundo os princípios da DBL-TLS;* (2) *Estimular os estudantes a autonomia e o exercício na produção de conhecimentos em formato de webfólios; e,* (3) *Identificar se na produção dos estudantes há reflexões sobre conhecimentos científicos e tecnológicos, bem como uma postura sobre ética, política, economia e valores socioculturais associadas ao tema em estudo, que denotem elementos da alfabetização científica e técnica.*

A presente dissertação está estruturada em capítulos. No Capítulo I, aborda-se a postura do professor-pesquisador para mudanças didáticas, pautada dentro da motivação e interesse que levaram a ser professor e pesquisador dentro da perspectiva da educação em ciências. Justifica-se a proposta deste trabalho com a temática física de partículas para o ensino médio e, para isso, alguns referenciais da literatura são discutidos acerca da inserção desta temática nesse nível de ensino e um levantamento das produções acadêmicas brasileiras a partir de teses e dissertações.

No Capítulo II faz-se um alinhamento dos referenciais teórico-metodológicos que fundamentam a estrutura didática proposta, destacando a abordagem DBR-TLS e a alfabetização científica e técnica. No Capítulo III é apresentada a proposta didática, os princípios de *design* que foram fundamentais para a elaboração, bem como uma discussão dos principais itens didáticos que estruturam as atividades a serem desenvolvidas.

O Capítulo IV abrange a metodologia utilizada na pesquisa, os seus instrumentos e métodos para a coleta de dados – o uso de diário de docência e a produção de *webfólios* pelos estudantes. Essa discussão metodológica permeia a apresentação da aplicação da sequência didática, a análise apoiada nos referenciais teóricos adotados e os resultados obtidos. Embora seja comum um capítulo separado para a metodologia da pesquisa e outro para a discussão dos resultados, optei em agrupá-los de forma organizada e estruturada, a fim de garantir aos leitores uma análise sobre os procedimentos utilizados na análise realizada sobre a produção de conhecimento dos estudantes.

Por fim, são apresentadas as principais considerações sobre a aplicação da proposta didática frente aos objetivos iniciais e aos resultados obtidos, bem como uma análise geral do trabalho.

O produto educacional resultante dessa pesquisa está contido nos apêndices deste trabalho, que contempla uma sequência didática sobre física de partículas incluindo o guia didático ao professor e um tutorial sobre o jogo de tabuleiro, que ficarão disponíveis aos nossos leitores interessados no assunto e, principalmente, aos professores de física do ensino médio.

## **I – UM OLHAR PARA MUDANÇAS DIDÁTICAS**

Diante do objetivo de pesquisa, tomei como parte necessária da pesquisa um levantamento na literatura especializada sobre as produções acadêmicas brasileiras que possuem estudos e abordagens voltadas para a inserção de física de partículas no contexto do ensino médio. Essa investigação foi feita a partir de um mapeamento em alguns bancos de dados para identificar as produções acadêmicas no Brasil.

Neste capítulo, faço uma breve análise e trago uma discussão das produções para relacionar à justificativa deste trabalho e evidenciar minha postura de professor-pesquisador acerca da proposta desenvolvida.

### ***1.1 UMA NOVA PROPOSTA DIDÁTICA PARA A AÇÃO DOCENTE***

A inquietação sobre as práticas dominantes no ensino de física e a busca por mudanças didáticas alternativas, bem como o anseio por qualificação pessoal e profissional no que tangem atividades voltadas para a inserção de FMC no nível médio, levou-me a uma reflexão com vistas ao aprimoramento da prática didático-pedagógica.

Pensar em estruturas didáticas que propiciem um aporte pedagógico satisfatório ao processo de aprendizagem de temas atuais do campo da física me fez pensar em atividades com recursos didáticos diversificados não apenas como pesquisador, mas enquanto professor capaz de refletir sobre a minha própria prática. O primeiro desafio enfrentado foi o delineamento de estratégias didático-pedagógicas capazes de criar nos estudantes múltiplas possibilidades de apreensão do conhecimento ao direcionar questionamentos para discussões pertinentes, a fim de despertar uma visão de mundo mais crítica, para valorizar a prática de vida, bem como a inserção na sociedade como sujeito participativo e interventor da própria realidade.

Portas e lâmpadas automáticas, sensores, alarmes residenciais e automotivos, celulares e computadores ultramodernos, TVs interativas, escadas rolantes inteligentes e um mundo de aparelhos tecnológicos à nossa volta. Muitas vezes, não passa de diversão aos jovens, mas se trata de muita ciência, de muitos estudos e pesquisas aplicadas que resultam em artefatos para o bem-estar da sociedade. O estudante atual está muito atento às inovações tecnológicas e às informações científicas que são veiculadas nas diversas mídias.

Por que então não ensinar conteúdos de física tão instigantes, motivadores e vinculados ao cotidiano dos mesmos? Essa postura muda radicalmente o pensar sobre a ciência básica ensinada nas escolas e possibilita ao estudante relacionar os fenômenos aos

processos científicos e suas implicações humanas e sociais. Surge, assim, minha proposta de levar para a sala de aula o conteúdo de física de partículas com atividades diversificadas para que o estudante compreenda como funcionam as pesquisas em ciência básica e suas aplicações para a sociedade.

Em todo o ato de pensar e planejar a construção de um material que resulte em efeitos positivos na aprendizagem dos estudantes, enquanto pesquisador e professor, busquei refletir sobre uma sequência didática tratando de física de partículas para aproximar o mundo real dos cientistas ao mundo vivencial dos estudantes. Trata de um assunto bastante comentado e discutido na sociedade, pois seus estudos e pesquisas resultaram em grandes avanços científicos e na produção de tecnologias sofisticadas para o bem estar da humanidade.

A minha postura didática mudou pelo fato de focar com rigor no planejamento e na elaboração do material didático, na vinculação do tema com o cotidiano dos estudantes visando instigá-los sobre o assunto como forma de problematizar as lições necessárias, as atividades a serem realizadas em sala de aula e também no desenvolvimento de situações-problemas para que os estudantes sistematizem suas ideias.

Dentro da perspectiva de elaboração da sequência didática, meus interesses colocados em pauta se embasam em perspectivas que se caracterizaram pela produção de:

- (1) um material com a potencialidade de diversificar a prática pedagógica do professor;
- (2) um conteúdo que valoriza a atualização curricular de física no ensino médio para atender as necessidades dos estudantes; e,
- (3) um conjunto de atividades intervencionistas bem pesquisadas empiricamente e adaptáveis às expectativas do contexto educacional.

Essas três possibilidades iniciais da construção do material didático que faço referência à sequência didática permitem o desenvolvimento de um produto educacional capaz de levar aos estudantes os conceitos referentes à física de partículas em um prazo curto de aulas, em poucas semanas, estabelecendo um conteúdo bem integrado com atividades diversificadas para facilitar a aprendizagem, conforme propõe o método DBR-TLS.

## ***1.2 POR QUE FÍSICA DE PARTÍCULAS PARA O ENSINO MÉDIO?***

Em física, muitos temas são trabalhados de forma mecânica, fundada em memorização<sup>4</sup>, em que os estudantes e até mesmo os professores possuem dificuldades de assimilar, relacionar ao seu cotidiano e muitos permanecem inseridos no programa curricular desde muito tempo. São sequências pré-estabelecidas e que poucos professores conseguem moldar conforme suas perspectivas didático-pedagógicas.

E quando se trata de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea? Eis um dos grandes obstáculos ainda enfrentados pelos professores e pelos sistemas de ensino. Não é só ter em mãos um conteúdo novo estudado pelos cientistas, mas dimensionar todo o processo educacional sobre os moldes dos caracteres epistêmicos e pedagógicos para que haja uma aprendizagem do conhecimento científico. Em outras palavras, o desafio é fazer a transposição didática definida por Yves Chevallard, transformando o *saber sábio* em *saber a ensinar*, como discutem Brockington e Pietrocola (2005). Em suma, esse é o desafio na produção da sequência didática objeto desta pesquisa.

Física de Partículas é um tema bastante estudado na comunidade científica. Trata-se de um assunto permeado de descobertas instigantes e demonstra o potencial de se fazer ciência para desvendar os fenômenos do Universo. Para tornar essa missão mais desafiadora, apropriei-me desse tema, por ser poucas vezes explorado no espaço escolar, porém com chances de sobreviver e permanecer no currículo, sem que haja um exaustivo trabalho docente, podendo ser trabalhado em um período curto de tempo.

É um tema atual e que sofre repercussão na mídia desde que iniciaram as primeiras atividades de pesquisa subatômica no maior laboratório do mundo – o CERN, antigo acrônimo para *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire* – no qual funciona a maior obra de engenharia já construída – o LHC, em inglês *Large Hadron Collider* – um acelerador de partículas capaz de analisar fenômenos em escala do micro ao macrocosmo.

Muitas são as discussões e propostas didáticas que apontam para a melhoria na qualidade da aprendizagem de conhecimentos científicos para acompanhar as constantes transformações sociais, modernização de tecnologias e em seus efeitos culturais. Perspectivas e avanços na forma de ensinar ciências tornam-se significativos à medida que novas propostas são implementadas em sala de aula, pois os professores repensam conteúdos de ciências, sua forma de inserção e criam estratégias didático-pedagógicas capazes de estimular os estudantes a buscar entender o mundo no qual estão inseridos.

---

<sup>4</sup>Em oposição à aprendizagem significativa proposta por David Ausubel.

Sabe-se que o fluxo de informações via televisão, rádio e redes sociais na internet, o uso de computadores ou aparelhos celulares modernos, o que me levou a repensar no currículo escolar de física do ensino médio, tanto na perspectiva de ações pedagógicas compatíveis com a nova realidade tecnológica a que os estudantes têm acesso como pela abordagem de conteúdos científicos que permitem o funcionamento de equipamentos tecnológicos disponíveis à sociedade, impulsionadas pelos avanços da ciência e tecnologia.

Nessa perspectiva de um ensino de ciências mais atualizado, em especial de física, os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) asseguram que disciplinas científicas omitiram e continuam omitindo o desenvolvimento científico produzido pela humanidade nos últimos séculos e o currículo escolar ainda mantém um currículo tradicionalista (BRASIL, 2000).

A legislação educacional busca a promoção de novos conteúdos a serem trabalhados em sala de aula, com a finalidade de o estudante compreender o mundo atual criado e modificado pelas descobertas humanas. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) também menciona uma possível atualização nos currículos, objetivando que o estudante do ensino médio adquira uma maior compreensão do significado da ciência, o domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna (BRASIL, 1996).

O preceito dessa lei é observado e detalhado em diversos documentos oficiais, inclusive na Resolução nº 02/2012 do CNE/CEB, que define as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), particularmente nos artigos 3º e 4º em que enfatizam que as unidades escolares devem estruturar seus projetos político-pedagógicos considerando as finalidades previstas na LDBEN:

- III - o **aprimoramento do educando** como pessoa humana, incluindo a **formação ética** e o **desenvolvimento da autonomia intelectual** e do **pensamento crítico**;
- IV - a **compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos** dos processos produtivos, relacionando a **teoria com a prática**. (BRASIL, 2012, p.1-2, grifos nossos)

Para além do que foi destacado, as DCNEM apontam para a possibilidade de novas formas de oferta e de organização do ensino médio que estabelecem abertura em documentos oficiais para o trabalho pedagógico centrado em desenvolvimento de valores e atitudes em composição com conteúdos adequados para o atendimento de um antigo anseio de educadores referente ao desenvolvimento de um currículo que permite o desenvolvimento integral de crianças, jovens e adultos, estudantes em nosso país.

De modo geral, a inserção de temas atuais no ensino médio acumula argumentos favoráveis, demonstrando sua relevância ao ensino de Física enquanto ciência, tendo uma abrangência notável que envolve investigações desde os fenômenos da natureza presentes no cotidiano até o desenvolvimento e o funcionamento de máquinas e aparelhos tecnológicos. É nessa perspectiva que apresento este estudo em que se compõem os conteúdos científicos atrelados ao contexto tecnológico da sociedade atual com estratégias pedagógicas que valorizam a autonomia e a aprendizagem em processos de interação social.

Ostermann (1999) justifica a importância deste conteúdo no ensino médio, pois há

uma grande potencialidade deste tema é a oportunidade que este oferece para a compreensão do processo de produção do conhecimento científico. Os vários episódios históricos envolvendo o avanço desta área de pesquisa mostram o quanto físicos teóricos e experimentais uniram esforços na busca de uma compreensão maior da natureza da matéria. Foram necessários grandes investimentos tecnológicos para que se chegasse ao modelo padrão atual. O caráter construtivo, inventivo e não definitivo do conhecimento também pode ser ilustrado, a partir de uma leitura histórica dessa fascinante área da Física. (p.434)

Dada a complexidade da temática, Moreira (2004) assegura que “com habilidade didática, talvez se possa transmitir aos estudantes a ideia de um assunto excitante, colorido, estranho e charmoso, ao invés de difícil e enfadonho” (p.1). Nessa linha, Siqueira e Pietrocola (2006) afirmam que o conteúdo de física de partículas pode ser disposto ao estudante do ensino médio apostando em delineamentos metodológicos da Transposição Didática proposta por Chevallard, na perspectiva de atualizar o conhecimento dos estudantes a partir de um saber onde se dá muita ênfase na comunidade científica, mas pouco se discute nas escolas.

Por ser um conteúdo muito discutido na comunidade científica, estar presente na mídia e distante das aulas de ciências no ensino médio, destaco a temática sobre a criação da *World Wide Web* e a física das partículas elementares como elementos promissores a uma efetiva aprendizagem com vistas à alfabetização científica e técnica, pelo fato de que

o aprendizado de física deve estimular os jovens a acompanhar as notícias científicas, orientando-os para a identificação sobre o assunto que está sendo tratado e promovendo meios para a interpretação de seus significados. Notícias como uma missão espacial, uma possível colisão de um asteroide com a Terra, um novo método para extrair água do subsolo, uma nova técnica de diagnóstico médico envolvendo princípios físicos, o desenvolvimento da comunicação via satélite, a telefonia celular, são alguns exemplos de informações presentes nos jornais e programas de televisão que deveriam também ser tratados em sala de aula. (BRASIL, 1999, p. 27)

Além da diversidade de descobertas científicas que estão pautadas neste tema, também há um importante desenvolvimento de sofisticadas tecnologias com grande impacto na sociedade como na área da comunicação, nanotecnologia, computação, medicina, energia,

entre outras. A busca incessante pelas partículas elementares da matéria e da compreensão da formação do universo levou a comunidade científica a engenhar grandes e poderosas máquinas com o uso de instrumentos de altíssima complexidade tecnológica capazes de desvendar os constituintes básicos e elementares da matéria. São atividades científicas que lidam com a produção de conhecimento e trazem inúmeros benefícios para a sociedade.

### ***1.3 FÍSICA DE PARTÍCULAS NO ENSINO MÉDIO A PARTIR DE TESES E DISSERTAÇÕES***

Em uma revisão de literatura, busquei identificar produções no contexto brasileiro na área de educação em ciências relacionadas a aplicação de proposta do tema de física de partículas no ensino médio, com objetivo de fazer um levantamento expressivo do que a comunidade acadêmica vem propondo enquanto experiências didática na área.

Nos últimos anos, é possível ver uma crescente produção científica no Brasil, principalmente no que tange os trabalhos acadêmicos de pós-graduação em nível de mestrado e doutorado que, por sua vez, fez com que se ampliasse a criação de bancos de dados que circulam essa produção e disponibilizam com acesso livre na internet (FERREIRA, 2002). Dentre os bancos de dados, um dos mais importante é o Portal de Periódicos da CAPES, que apresenta caráter multidisciplinar com as informações básicas dos resumos das dissertações de mestrados e teses de doutorados (CAPES, 2014).

Realizei um estudo exploratório com o objetivo de identificar as principais produções acadêmicas desenvolvidas no Brasil acerca do tema de inserção de física de partículas no ensino médio. Fiz uma análise nos resumos dos trabalhos provenientes de cursos *stricto sensu* (mestrados e doutorados) disponibilizados na *internet* pela CAPES e, diante disso, minha tarefa inicial foi fazer consultas no acervo para levantar as informações necessárias na fase de exploração, como processo que possibilitou conhecer os trabalhos já desenvolvidos acerca do assunto em questão.

Fiz buscas simples e avançadas no Portal de Periódicos da CAPES/MEC, entre os dias 10 e 20 de setembro de 2015<sup>5</sup>, utilizando os termos “física de partículas”, “partículas elementares” e “ensino médio”, assim como usei as palavras “estrutura da matéria” e “ensino médio” na perspectiva de encontrarmos no banco de dados produções com a temática em questão.

---

<sup>5</sup> Para efeitos de atualização, refiz a pesquisa no site <http://bancodeteses.capes.gov.br/banco-teses/#/> e usei os mesmos critérios entre os dias 15 e 21 de novembro de 2016.

A busca foi feita com as palavras entre aspas, pois este comando filtra dados pela ocorrência exata do que está entre os sinais, agrupando-as. Nesse sentido, se eu utilizasse apenas os termos “física” “partículas” encontraria muitas produções e em sua maioria voltadas para a área de pesquisa em física. Os termos “ensino médio” e “estrutura da matéria” também categorizaram minha busca e filtrei o que realmente almejava.

Na primeira busca, encontrei vários registros, porém foi necessária uma leitura cuidadosa dos títulos, resumos e palavras-chaves dos trabalhos apostando na ideia de que no mestrado e no doutorado há um rigor na escrita dos trabalhos, não havendo a possibilidade de resumos mal redigidos, incompletos ou confusos, tampouco com sentido às avessas, pois “não há lugar, neste nível, para o espontaneísmo, para o diletantismo, para o senso comum e para a mediocridade” (SEVERINO, 2002, p.148).

Além do banco de dados da CAPES, recorri ao acervo da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (BDTD/IBICT) para mapear outras produções. Utilizei os mesmos critérios para buscas simples e avançadas, nas quais fiz leituras minuciosas para filtrar somente o necessário à pesquisa e localizei 07 produções.

O *Google Acadêmico* é uma ferramenta de pesquisa muito abrangente, oferecendo busca de teses, dissertações, artigos de periódicos e eventos, porém torna-se trabalhosa a análise dos resultados obtidos. Apesar do volume de dados, Brito (2011, p.12) assegura que a “facilidade deste portal é a exibição dos trechos do documento fonte em que os termos de busca foram encontrados. Isso permite identificar o contexto e, conseqüentemente, se há pertinência do material para a pesquisa, sem necessariamente recorrer ao texto fonte”. No *Google Acadêmico* e usando os mesmos termos de filtros, encontrei arquivos que foram cuidadosamente tratados para verificar apenas as teses e dissertações. Dentre as produções localizadas no *Google Acadêmico*, já havia identificado as mesmas anteriormente nos outros portais.

Do total de arquivos encontrados entre o portal de periódicos da CAPES, o BDTD/IBICT e o *Google Acadêmico*, identifiquei 21 (vinte e um) arquivos de interesse por envolver aplicações de física de partículas no ensino médio, sendo voltadas para propostas de implementação de física de partículas no ensino médio, como mostra o Quadro 1.1.

Nessa busca de dados, identifiquei dissertações e teses sobre física de partículas tanto na linha de formação de professores como aplicação para o ensino fundamental, mas por não serem similares à minha proposta não me detive nelas. Como pesquisas acadêmicas, na minha busca de produções para o ensino médio, apenas 21 (vinte e uma) estão dentro da proposta de

pesquisa são de meu interesse: aplicação de propostas de ensino de física de partículas no ensino médio. Dessa forma, listeia-as no quadro seguinte para melhor me orientar na análise das produções e os leitores sobre o material que já se tem produzido na academia, tanto em dissertações de mestrado com em teses de doutorado.

### QUADRO 1.1: LEVANTAMENTO DE DISSERTAÇÕES E TESES

DISSERTAÇÕES		
ANO	AUTOR / INSTITUIÇÃO	TÍTULO
2002	Walkiria Reche da Silva / USP	Inserção de tópicos da nova física da estrutura da matéria no ensino médio: uma proposta
2006	Maxwell Roger da Purificação Siqueira / USP	Do visível ao indivisível: uma proposta de física de partículas elementares para o ensino médio
2007	Estevam Rouxinol dos Santos Neto / USP	Física no Brasil para o ensino médio: uma abordagem para compreensão da ciência e da atividade científica
2010	Josias Rogerio Paiva / USP	Representações pictóricas no ensino de física moderna: uma construção dos estudantes
2010	Wagner Franklin Balthazar / IFRJ	Partículas elementares no ensino médio: uma abordagem a partir do LHC
2011	Lisiane Araújo Pinheiro / UFRGS	Partículas elementares e interações fundamentais no ensino médio
2011	Lígia da Silva Almeida Melo / UnB	Física Moderna e Contemporânea: uma proposta do uso de seminários no ensino médio em busca de uma aprendizagem significativa da constituição atômica da matéria
2011	Edson de Souza Marques Filho / USP	Crenças de futuros professores de física em contexto de inovação curricular: o caso de um curso de física moderna e contemporânea no ensino médio
2011	José Lages da Silva Neto / UFRJ	Partículas elementares no ensino médio
2011	Marcilon Chaves Maia / UFC	Uma abordagem do modelo padrão da física de partículas acessível a estudantes do ensino médio
2014	Lisiane Barcellos Calheiro / UFSM	Inserção de tópicos de física de partículas de forma integrada aos conteúdos tradicionalmente abordados no ensino médio
2014	Kaue Bandeira Rodrigues / FURG	O evento científico temático como um agente colaborativo no processo de alfabetização científica: física de partículas elementares
2014	José Fernando de Melo / UEPB	Tópicos de física moderna e contemporânea no ensino médio: uma abordagem histórica e conceitual dos modelos atômicos
2015	Gabriela Brito Ortelan / UF São Carlos	Potencialidades de notícias publicadas por mídias de grande acesso para a inserção de física moderna no ensino médio – o caso LHC
2015	Valeria Bonetti Jerzewski / FURG	Partículas elementares e interações: uma proposta de mergulho no ensino e aprendizagem através de uma sequência didática interativa

ANO	AUTOR / INSTITUIÇÃO	TÍTULO
2015	Marcia da Costa / UEL-PR	Uma abordagem histórico-didática com auxílio de multimídias para o ensino de partículas elementares no ensino médio
2015	Miriam Possar do Carmo / USP	O desenvolvimento conceitual de estudantes sobre a estrutura da matéria e sua utilização na explicação de fenômenos: um estudo longitudinal
2015	Osmar Pereira Silva Júnior / UNESP	O mirabolante mundo das partículas elementares: uma sequência didática para professores de física
TESES		
ANO	AUTOR / INSTITUIÇÃO	TÍTULO
2009	Isabel Krey / UFRGS	Implementação de uma proposta de ensino para a disciplina de Estrutura da Matéria baseada na Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud
2013	George Kouzo Shinomiya / USP	Saberes e práticas docentes para inovação curricular: uma análise das práticas da sala de aula
2015	Rafael Andrade Pereira / USP	O pensamento heurístico em diferentes contextos socioculturais: o ensino da natureza da ciência

**Fonte: Elaborada pelo autor**

Todas as 18 (dezoito) produções acadêmicas, em nível de mestrado listadas no Quadro 1.1, são propostas de aplicações de física de partículas no ensino médio, usando os mais variados referenciais teórico-metodológicos; porém, nenhuma delas apresenta o referencial da DBR-TLS com vistas à ACT, como proponho. Fiz questão de listá-las para entender a dinâmica de trabalho dos pesquisadores do Brasil e tomar como suporte para propor uma sequência diferenciada e com atividades diversificadas. Nessa pesquisa, identifiquei trabalhos interessantes sobre o ensino de física de partículas para o ensino fundamental e na formação de professores de física para o ensino médio e em formação inicial e continuada, porém por não serem o meu foco de pesquisa atual, optei por não fazer um estudo detalhado sobre tais produções.

Dentre as produções acadêmicas de teses de doutorado, encontrei apenas 03 (três) produções que se voltavam para a inserção de física moderna e contemporânea no ensino médio e, nesse contexto, os pesquisadores se apropriaram da proposta para trabalhar com física de partículas no ensino médio, porém foi a partir de uma análise cuidadosa nos resumos que pude perceber que na aplicação da proposta foram utilizados apenas tópicos ou abordagem desse assunto no ensino médio, não se tratando especificamente do tema em foco para aplicação no nível básico. Por achar essas teses de grande valia para entender a dinâmica

de trabalho a nível de doutorado, resolvi listá-las para um melhor acompanhamento do que se tem na literatura.

A natureza das dissertações e teses, em grande parte, estão alinhadas à aplicação de propostas didáticas para estudantes do ensino médio. Por esse fato, apropriei-me destas produções, por fazerem referência a estudos desenvolvidos a este público. Durante a análise no conteúdo das produções, pude constatar que o contexto da aplicação muitas vezes não estava explícita ou diretamente no texto, mas era possível identificar nas entrelinhas dos trabalhos e com isso os objetivos das propostas de pesquisa precisaram passar por um refinamento para facilitar a compreensão do leitor.

Diante desse levantamento, ainda é um volume de teses e dissertações muito pequeno ao ser comparado com o quantitativo de programas de pós-graduação distribuídos em todo o Brasil. A partir dos dados obtidos, analisei as produções de uma forma mais criteriosa para que tivéssemos uma visão geral do que se tem no Brasil durante o período pesquisado com base no critério da produção acadêmica por região geográfica de acordo com a universidade (instituto ou faculdade) esteja vinculado o autor do trabalho, como detalho no apêndice F desta pesquisa.

A partir destes indicadores levantados, é consenso uma maior percepção de que os mestrados e doutorados localizados nas regiões norte/nordeste/centro-oeste do Brasil carecem de maior produtividade sobre o tema física de partículas, apresentando aplicações em contexto real de sala com estudantes do ensino médio, haja vista a baixa produtividade de propostas didática, o que me antecipo a dizer que muitos estudantes do ensino médio, estão um pouco distante do conhecimento científico e tecnológico produzido pelas pesquisas em física nas últimas décadas.

A postura em mostrar essas produções assume uma distorção acadêmica entre as regiões brasileiras, mas traz uma finalidade maior que é o debate para pesquisadores que atuam em instituições, grupos de pesquisa e programas de mestrado e doutorado das regiões com baixa produtividade sobre as tendências atuais da educação em ciências. Todavia, minha atenção se volta para que haja empreendimento e novos percursos sejam enfrentados por pesquisadores para que possam trabalhar com essa temática para o nível médio.

Diante disso, esses indicativos permitem posicionar-me acerca da escolha e as justificativas aqui apresentadas, que respaldam minha pesquisa sobre o tema e a abrangência que o assunto apresenta quanto aos aspectos da ciência e tecnologia e sua aplicação nos diversos meios sociais. Parte dessas teses e dissertações alicerçam o trabalho como referencial teórico e garantem subsídios para que a minha proposta didática supere as barreiras da

atividade docente tradicional e seja aplicada em sala de aula, a partir das atividades diversificadas que desenvolvemos com a intenção didática de que sobreviva no espaço escolar, mesmo após uma reestrutura do material produzido e o uso de outros instrumentos para avaliar o processo de ensino e aprendizagem.

## II - TECENDO ARTICULAÇÕES ENTRE OS REFERENCIAIS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

Neste capítulo, apresento um delineamento entre os referenciais teórico-metodológicos que foram adotados neste trabalho desde os *princípios de design* da proposta da pesquisa até sua implementação no ambiente escolar. As considerações que seguem trazem um estudo sistematizado sobre a abordagem *Design-Based Research* (DBR), uma proposta teórico-metodológica de pesquisa baseada em *design* que integra uma discussão maior no viés de novas técnicas educacionais que, por sua vez, é complementada e enriquecida com aspectos do enfoque da *Teaching-Learning Sequences* (TLS), cuja natureza de trabalhos é voltada em sua maior parte para a educação em ciências, particularmente quando se trata de elaboração de sequências didáticas que apresentam temas de FMC para a sua inserção no nível médio.

Do contexto da abordagem da DBR e da TLS, balizei a escolha de um conjunto de tópicos de física moderna relacionados à área de partículas elementares com um referencial teórico de caráter mais fenomenológico, de interação pedagógica e apontando aplicações das diversas tecnologias produzidas pelo homem atual, que modificou e muito o modo de viver e de pensar da sociedade, fazendo uma articulação didática com o que propõe o ensino de ciências com ênfase na Alfabetização Científica e Técnica (ACT).

Nesse contexto, a sequência didática que propus possui uma abordagem DBR-TLS com vistas à ACT, cujos referenciais teóricos serão discutidos adiante.

### **2.1 AS PESQUISAS BASEADAS EM *DESIGN*: CONTEXTO HISTÓRICO**

Estruturas didáticas para o ensino e aprendizagem de ciências baseadas em *design* repercutem de todas as formas, modelos e propostas em trabalhos acadêmicos, porém muitas são ainda restritas ao meio acadêmico e não chegam efetivamente à sala de aula. Com esse intuito de levar novas estruturas da pesquisa aplicada, originaram-se várias metodologias baseadas em *design* como a abordagem DBR (*Design Based Research*), termo que expressa as *Pesquisas Baseadas em Projetos* ou *Ciências Baseadas em Projetos*, ou simplesmente, *Ciências de Projetos*.

Sua origem remonta ao ano de 1969, no contexto norte-americano, a partir da obra publicada por Hebert Simon intitulada *The Sciences of Artificial*, na qual o autor trata das ciências naturais e as distingue das artificiais que são desenvolvidas por meio de um processo de *design*, como as diversas engenharias, a ciência da computação, a arquitetura, a medicina e

a própria área da educação, porém nesta área nada remonta de material construído a essa época dentro da proposta DBR (RODRIGUES, 2016).

O termo *Design-Based Research* (DBR) foi introduzido na área educacional na década de 90 nos artigos de Ann L. Brown (1992) e Allan Collins (1992), como experiências desenvolvidas como um meio de formação para se realizar pesquisas, testar e refinar projetos baseados em *princípios de design*<sup>6</sup>, como intervenções sobre quando, como e pra quem pode vir a funcionar. Apesar de fazer mais de uma década, as pesquisas com abordagem em DBR tem chamado atenção de pesquisadores na área da educação em ciências por conterem características peculiares desde o planejamento até sua implementação em contexto real de sala de aula.

São dois trabalhos seminais para o estabelecimento das bases de pesquisas educacionais baseadas em design que serviram para estruturar minha pesquisa, sendo considerados grandes referenciais teóricos e metodológicos, porém ainda pouco difundidos no Brasil. Além de ser um referencial teórico com novo paradigma de pesquisa em educação, mostra-se com grande potencial de metodologia de pesquisa alternativa ideal (WANG e HANNAFIN, 2004) e se adequa muito bem às pesquisas de ambientes para a aprendizagem.

Para Collins (1992), a metodologia DBR traça objetivos bem definidos como construir uma metodologia mais sistematizada para conduzir experimentos de *design*, bem como desenvolver uma teoria que gerencia a aplicação de inovações futuras. Em geral com acompanhamento de curta e média durações, incluem a análise de variáveis dependentes e independentes, de modo a maximizar as informações obtidas no processo de implementação, ao mesmo tempo em que se leva em conta as limitações referentes ao contexto particular de aplicação.

Referente à esta metodologia, Collins (1992) lista oito aspectos críticos que associa a DBR com a área educacional, a citar:

(i) os *professores como co-investigadores*, pelo fato de o professor possuir um papel fundamental durante todo o gerenciamento de aplicação de uma proposta;

(ii) a *comparação de múltiplas inovações*, pois diferentes inovações devem ser comparadas no mesmo ambiente da aplicação para entender a influência de diferentes fatores (professores, estudantes e cultura escolar);

(iii) o uso de *avalições objetivas* para verificar diferentes propostas e nas quais o desenvolvedor não participe da avaliação;

---

<sup>6</sup>O termo *princípios de design* serão discutidos mais adiante conforme estabelece a abordagem DBR.

(iv) o teste de tecnologias com maior probabilidade de êxito como prioridades e que não requeiram a reestruturação do ambiente escolar;

(v) a presença de especialistas de variadas áreas no desenvolvimento da proposta para otimizar a interdisciplinaridade e as variáveis que podem afetar no resultado da aplicação;

(vi) as variações sistemáticas dentro de um mesmo local a fim de testar na proposta particularmente o papel do professor, a estrutura de uma sala de aula, as atividades desenvolvidas, conforme as variáveis planejadas pelo professor;

(vii) uma revisão flexível do design para listar os sucessos, as possíveis falhas e fracassos, como importantes informações a serem alcançadas; e,

(viii) as múltiplas avaliações de sucesso ou fracasso que não devem ser avaliadas com base em um único fator como no papel do professor ou na aprendizagem dos estudantes, analisando o quanto a proposta é sustentável em outros ambientes, sua realização pragmática, as atitudes de motivação tanto dos estudantes como do professor no encorajamento da busca de novos conhecimentos.

Collins (1992) enfatiza que, ao longo da história, apesar de grandes teóricos como Platão, Rousseau, Dewey, Bruner e Illich terem se voltados para a educação, suas nuances são essencialmente como teóricos, na perspectiva de se criar escolas ou currículos para implementar suas ideias. Diferentemente da atual conjuntura da pesquisa, muitos dos atuais teóricos buscam se dirigir à educação enquanto experimentalistas, para testar diferentes propostas, em vez de teorias educacionais, culminando no desenvolvimento de uma ciência da educação. Dessa forma, uma ciência da educação baseada em projetos determina como diferentes ambientes de aprendizagem contribuem para a aprendizagem, para a cooperação e motivação.

Nessa linha, Ann Brown (1992) já havia desenvolvido vários trabalhos na área da psicologia da aprendizagem e os utiliza como referenciais para aproximar sua experiência à proposta DBR aplicada à educação. Nesse sentido, apresenta a proposta como um meio de transformar a sala de aula de estudantes do nível básico a testarem tarefas específicas sob a orientação de professores em comunidade de aprendizagem.

Dessa forma, assumir a DBR no contexto educacional é propor inovações no ambiente escolar e conduzir simultaneamente os estudos experimentais referentes à essa inovação. Apesar de parecer muito com testes experimentais realizados em laboratórios, a autora evidencia que trata-se de um esforço para “engenheirar” a sala de aula, contemplando sua natureza sinestésica, onde diversos aspectos educacionais como o treinamento dos

professores, o currículo escolar e os conteúdos escolhidos influenciam mutuamente como parte de um conjunto mais sistêmico.

Ao se levar em consideração a postura autorreflexiva para o fortalecimento da aprendizagem, com questões bem alinhadas entre a mudança conceitual docente e a postura dos discentes, deve-se destacar as intenções iniciais e os aspectos que a intervenção pretende intervir, haja vista que na metodologia DBR com vistas ao ambiente educacional tem-se como um dos focos a preocupação e a busca de novas formas de avaliação. Dessa forma,

é essencial que avaliemos no nosso ambiente de aprendizagem que desejamos fortalecer, tais como solução de problemas, pensamento crítico e aprendizagem reflexiva. Avaliação também nos permite ser responsáveis pelo resultado do nosso trabalho com as próprias crianças, com os seus parentes, professores, com as autoridades locais, e por último e não menos importante, com os nossos colegas cientistas. (BROWN, p. 143, 1992, tradução minha)

Outro destaque importante de Brown (1992) trata-se da relação entre teoria e prática em pesquisas intervencionistas, bem como à transferibilidade dos resultados de pesquisas realizadas com a presença do pesquisador que idealiza a intervenção no real ambiente escolar. A DBR incorpora atividades empiricamente bem pesquisadas e direcionam para a prática da sala de aula, resultando em uma combinação metodológica que justifica a inserção de temas inovadores que devem ser voltados para o currículo escolar, o momento certo para essa inserção e a justificativa apropriada de que a proposta funciona de fato na prática

Acerca das pesquisas baseadas em *design*, principalmente aos primeiros trabalhos que referencia a abordagem DBR, busquei outros autores que acordam com as ideias de Brown (1992) e Collins (1992), apostando neste método não apenas como uma metodologia de ação para a prática do professor a fim de buscar inovações para o currículo escolar, mas como uma teoria bem estruturada e que se adequa ao contexto e a realidade educacional, que organiza todo processo de construção de uma proposta e tem a função de gerenciamento de todas as etapas previamente planejadas por uma equipe de professores-pesquisadores.

Desse modo, o professor deve desempenhar um papel importante em todo o processo de ensino e na aprendizagem do estudante, atribuindo-lhe um efeito real para a sua intervenção pedagógica. Apesar de todo esse desempenho a ser levado a sério pelo professor-pesquisador, há grandes desafios que precisam ser enfrentados em uma proposta de inovação curricular de pesquisa baseada em *design* tais como as dificuldades existentes entre a proposta didática e as situações reais do contexto escolar em sua complexidade que apresenta muitas resistências a inovações, além de, em geral, produzir um volume grande de dados a ser analisado sobre determinados grupos sociais em seu quantitativo.

Não que isso venha a ser um impedimento para abrir mão dessa abordagem, pois a DBR é muito adequada para solucionar problemas da práxis pedagógica e oferecer diretrizes que conduzem muito bem situações de ensino e aprendizagem, de modo a fazer um tratamento sistematizado desde o planejamento, elaboração e posterior avaliação de propostas didáticas.

### **2.1.1 DEFINIÇÕES E CARACTERÍSTICAS DA ABORDAGEM DBR**

Collins, Joseph e Bielaczyc (2004) definem DBR como uma experiência de projeto que visa orientar e refinar o processo educacional que fornece métodos qualitativos para olhar com cuidado como se desenvolve na prática e como as variáveis contextuais interagem com as variáveis cognitivas. Dede (2005) enfatiza que a DBR é uma estratégia de pesquisa realizada através de parcerias de pesquisadores com educadores imersos na prática e delinea desafios consideráveis para desenvolver inovações educacionais eficazes e que se sustentem no âmbito escolar.

Em seu relatório de pós-doutoramento, Rodrigues (2016) nos apresenta a abordagem DBR não só como uma teoria que se ajusta sobre um processo metodológico e está vinculada sobre a totalidade da análise e da averiguação da forma como se dá a aplicação de propostas didática, mas que

pode ser pensada como uma metodologia estruturadora de processos de desenvolvimento de um determinado produto. Isso significa que ao usar a DBR para desenvolver um produto deve-se necessariamente aprender sobre o processo. Destaca-se também que o gerenciamento do processo inteiro é feito pela metodologia DBR, incluindo a implementação do produto desenvolvido no design. (p.10)

Collins, Joseph e Bielaczyc (2004), apontam que a metodologia DBR está estruturada em questões voltadas para a aprendizagem, tais como a inquietação de um pesquisador para abordar questões teóricas sobre o processo de aprendizagem situado em diversos contextos, focando para a realidade do estudante e estreitando as lacunas que ainda permeiam o conhecimento, de modo a obter resultados de pesquisas em uma avaliação formativa, orientada direta e continuamente pelo professor-pesquisador que deve ajudar o estudante a progredir com sua aprendizagem.

Inspirados em Collins (1992), Barab e Squire (2004) afirmam que a abordagem DBR vem assumindo um papel de grande valia na área educacional no qual o lócus da pesquisa é realizado em cenários da vida real, envolve múltiplas dependentes variáveis, com o foco de caracterizar a situação em toda a sua complexidade, utiliza procedimentos flexíveis do

projeto, bem como abarca diferentes participantes, trazendo para o contexto suas variadas experiências.

Algumas etapas se tornam fundamentais para que o professor-pesquisador desenvolva durante a sistematização de sua proposta didática, na perspectiva de conduzir todo o processo e tomar conta do gerenciamento até sua implementação e análise dos resultados, que podem vir a ser aprimorados em outras oportunidades.

De acordo com Plomp (2009) e Sarmiento *et al.* (2013) as pesquisas baseadas em design compreendem três fases importantes: uma pesquisa preliminar, uma fase de prototipagem e uma fase avaliativa, assim descritos:

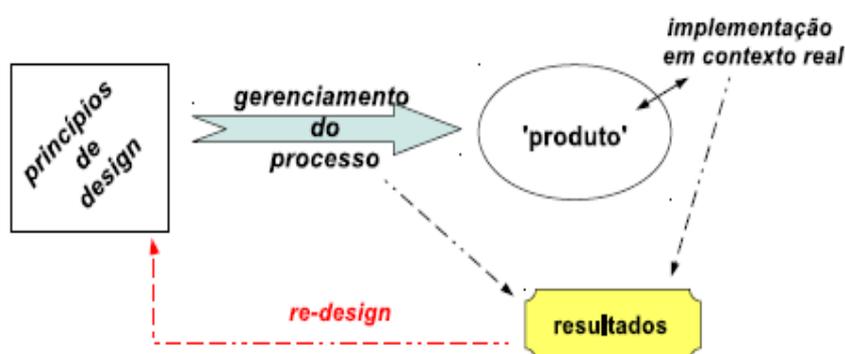
*i) Pesquisa preliminar.* Trata-se de uma análise preliminar a partir da leitura e revisão de literatura, estudo conceitual e teórico do problema, situando-o no contexto do processo de ensino e aprendizagem e desenvolvendo os princípios de *design* da proposta didática;

*ii) Prototipagem.* Trata-se de uma fase interativa de intervenção da proposta que é posta em prática, considerada o primeiro ciclo da pesquisa e mais importante, pois será analisada sob o enfoque dos resultados previamente esperados e estabelecidos nos princípios de design que, não tendo satisfeitos as necessidades educacionais, deverá ser conduzida a um novo ciclo de intervenção e de planejamento, assumindo objetivos para serem alcançados no contexto escolar; e,

*iii) Avaliação.* Afere se a intervenção atingiu os objetivos propostos e planejados previamente por meio de uma avaliação semi-somativa, contendo recomendações e o aprimoramento da proposta didática.

Trata-se, na verdade, de um leque de possibilidades e modos de serem analisados os procedimentos sobre o gerenciamento de todo o desenvolvimento de uma proposta didática. Kneubil (2014) enfatiza o caráter intervencionista da abordagem DBR e mostra um esquema geral deste referencial teórico-metodológico (Figura 2.1).

**FIGURA 2.1 – ESQUEMA GERAL DA METODOLOGIA DBR**



Fonte: Kneubil (2014)

Desse modo, Kneubil (2014) apresenta um esquema geral da metodologia DBR deixando claro que existe de modo peculiar uma relação entre a teoria e prática desde o momento em que se estabelecem os princípios de design para o posterior gerenciamento do processo, até resultar em um determinado produto. Assim, quando não se consegue solucionar todas as situações que são geradas no decorrer do gerenciamento, de modo que todo o processo deve ser planejado a partir do momento em que, por exemplo, um professor, propõe a aplicação de uma temática em sala de aula que por sua vez irão gerar resultados, torna-se necessário um estudo sobre todo o processo e uma análise sobre os princípios de design previamente estabelecidos.

Analisando os trabalhos de Méheut e Psillos (2004), Pessanha (2013) organizou os princípios de *design* em grupos conforme o foco estabelecido para a proposta a ser investigada (Quadro 2.1) que são comuns a abordagem DBR-TLS.

**QUADRO 2.1 – GRUPOS DE PRINCÍPIOS DE DESIGN E OS PRINCIPAIS FOCOS POR ELES PRIORIZADOS**

PRINCÍPIOS DE DESIGN	FOCO PRIORIZADO
Princípios epistemológicos	O conteúdo
Princípios psicocognitivos	A aprendizagem
Princípios didáticos	A prática docente
Princípios socioculturais	A interação em sala de aula e as questões morais/éticas envolvidas

Fonte: Inspirado e adaptado de Pessanha (2013)

Para Pessanha (2013) e Kneubil (2014) os *princípios de design* estão vinculados à dimensão teórica de um determinado conhecimento para o qual será desenvolvido um material específico a ser levado para o contexto escolar. Esses princípios são desenvolvidos a partir de um estudo de todas as ferramentas que podem gerenciar o processo de construção de um material e seja um pilar que se apoia em quaisquer teorias que subsidiem determinadas áreas do conhecimento.

A partir desses princípios, poço organizar minha proposta didática envolvendo elementos que são essenciais para o gerenciamento de todo o processo da prática pedagógica e criar propostas com os mais variados recursos, pois apesar de não haver um único modelo para se trilhar em todo o processo de construção de uma sequência didática com abordagem DBR-TLS, os próprios autores podem sugerir.

Os princípios de *design* utilizados na minha proposta didática serão detalhados mais adiante no Capítulo III desta dissertação.

## **2.2 A ABORDAGEM TLS (TEACHING-LEARNING SEQUENCES)**

Com o intuito de potencializar a minha sequência didática nos apropriamos de uma abordagem conhecida como TLS (em inglês *Teaching-Learning Sequences*), que representa um conjunto operacional de atividades que estruturam uma sequência de ensino e aprendizagem flexível e adaptável a outras situações, dentro de cada realidade. É capaz de gerir produtos educacionais mais sistematizados de elaboração e evolução de intervenções educacionais, não apenas com o objetivo de propor soluções a problemas complexos da prática escolar, mas na perspectiva de projetar, implementar e avaliar a estrutura didática com uma base empírica com inter-relações entre o processo de ensino e aprendizagem de determinados conteúdos, sujeitos a adaptações dependendo das circunstâncias (KORTLAND e KLAASSEN, 2010).

O termo TLS surge no contexto europeu de pesquisas educacionais aplicadas a partir dos trabalhos desenvolvidos por Lijnse (1995) sobre sequências didáticas que abordam tópicos específicos de ciências, elaborando produtos para implementação em sala de aula e toda a metodologia envolvida no processo englobando a sua posterior avaliação. Acima de tudo, o pesquisador é um sujeito ativo durante todo o processo de implementação da TLS, projetando ideias inovadoras para o contexto escolar e, sobretudo, disposto a pô-las em práticas, levando em consideração todo o ambiente e seus sujeitos.

A abordagem TLS vai além da simples elaboração de um produto para fins específicos. É capaz de implicar em práticas diferenciadas e estão aliadas desde o momento em que se decide trabalhar com determinado conteúdo, às possíveis intervenções pedagógicas durante o processo de elaboração de atividades, o próprio referencial teórico adotado na proposta, bem como o uso de teorias de ensino e aprendizagem que contribuam para os procedimentos e atitudes a serem estabelecidos.

Desse modo, a proposta de TLS apresenta uma estreita relação entre os estudantes e o papel do professor, mediador das intervenções pedagógicas nas atividades a serem desenvolvidas e, nesse intuito, engloba aspectos do conhecimento científico podem ser utilizados na promoção da aprendizagem como o uso de analogias entre diferentes áreas do conhecimento. Assim um conteúdo científico pode ser problematizado e gerar novas representações de conceitos e suas relações com os objetivos das atividades propostas pelo professor são melhores observadas.

A explanação acima possibilita-nos verificar que existem elementos essenciais que devem ser levados em consideração para a elaboração da TLS (MÉHEUT e PSILLOS, 2004; KNEUBUL, 2010) que servem como parâmetro para o pesquisador, pois o material produzido deve apresentar um caráter epistêmico e pedagógico, direcionados para componentes que são considerados em todo o processo de ensino e aprendizagem, tais como:

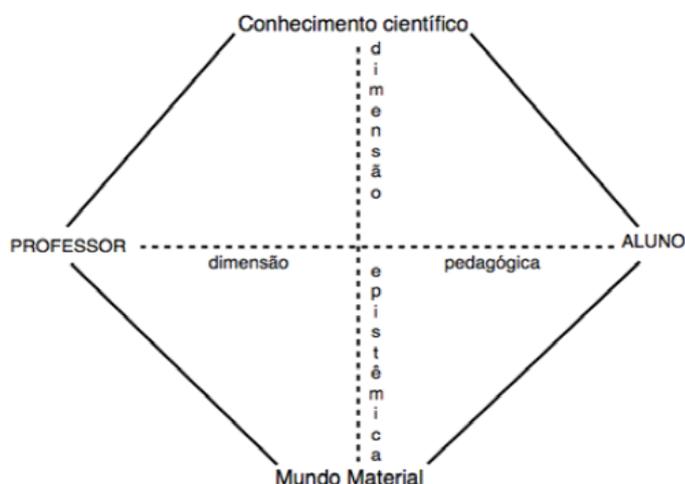
*i) o professor*, o responsável principal a adequar os conteúdos sobre a ótica para com a própria prática dentro da proposta elaborada, visando contemplar sua turma;

*ii) o conhecimento científico*, que faz referência ao estudo de um tema específico de ciências com potencial para chegar a sala de aula;

*iii) o contexto escolar*, pois o professor deverá adaptar o conteúdo para o mundo vivencial da turma na qual está prevista a aplicação da TLS, visando adequar as atividades propostas para que se adaptem ao programa curricular da escola para que não haja problemas de execução; e,

*iv) os estudantes*, considerados os agentes para os quais a maior parte do processo de elaboração da TLS é planejada de modo a contemplar a postura didática do professor para efetivar a aprendizagem do conhecimento científico dentro das adaptações que foram feitas para o contexto no qual estão inseridos.

Tais elementos são essenciais para que transcorram todas as atividades com regularidade adequada ao processo de ensino e aprendizagem. Méheut e Psillos (2004) propõem uma relação entre esses elementos e as dimensões epistêmicas e pedagógicas, como mostra a Figura 2.2, conhecida como losango didático.

**FIGURA 2.2 – LOSANGO DIDÁTICO DA ABORDAGEM TLS**

**Fonte: Adaptado de Méheut e Psillos (2004)**

O losango didático traz muitas informações didáticas e pedagógicas que podem ser discutidas e representa duas importantes dimensões com certa independência entre si:

*a) dimensão epistêmica:* relacionada no eixo vertical do losango e relaciona o conhecimento científico a ser aplicado por meio de uma sequência didática com o contexto escolar e seu mundo vivencial, as situações de aprendizagem e sua origem, levando-se em consideração o processo de elaboração, os métodos utilizados e a avaliação do conhecimento científico, bem como sua significação presente mundo real que pode ser estabelecida pelos estudantes (KNEUBIL, 2014).

*b) dimensão pedagógica:* relacionada no eixo horizontal do losango didático entre a interação de estudantes e professores-estudantes, levando em consideração o papel do professor e toda a interação social existente em sala de aula e fora dela, bem como programas e outros elementos de instituições de ensino (ibid).

Esse modelo permite

levar em consideração questões de cunhos epistêmicos e pedagógicos, nas quais destacam-se aspectos sobre o papel do professor, as formas de interações professor/aluno, métodos científicos adotados, processos de elaboração e validação de conhecimentos científicos etc. (MÊHEUT e PSILLOS, 2004, tradução minha)

São componentes essenciais da TLS para que seja desenvolvida uma boa sequência didática que prime pelo processo de ensino e valorize a aprendizagem dos estudantes. O caráter epistêmico da nossa TLS traz os conhecimentos científicos nas lições vinculados ao estudo de física de partículas numa perspectiva de aproximação dos conteúdos com a realidade vivencial dos estudantes, interligados à construção histórica da sociedade. Nesse

caráter, a nossa TLS traz uma interação com a abordagem da ACT e as lições permeiam-se de conhecimentos científicos aliados ao desenvolvimento tecnológico para o bem-estar da sociedade.

O caráter pedagógico da TLS inicia com os primeiros critérios didáticos pensados pelo pesquisador para a elaboração do material didático e se consolida com o diálogo existente em sala de aula entre professor-estudante na aplicação da sequência didática. Toda a dinâmica da aplicação aliado ao processo estabelecido no plano de ensino do professor para a aprendizagem dos estudantes nas lições sobre física de partículas são de cunho didático-pedagógico.

### ***2.2.1 DEFINIÇÕES E CARACTERÍSTICAS DA ABORDAGEM TLS***

Para Fazio *et al* (2008) a TLS é uma nova tendência desenvolvida para design, implementação e avaliação de proposta de ensino e aprendizagem. Lijnse (1995, p. 192) aponta TLS como um “processo de reflexão teórica, análise conceitual, desenvolvimento de currículo de pequena escala e pesquisa de sala de aula sobre os processos de ensino-aprendizagem de interação”, já Meheut e Psillos (2004) a definem como o desenvolvimento de estruturas com sequências de ensino-aprendizagem e que correlacionam o ensino e a aprendizagem com uma profunda análise da disciplina e a dimensão cognitiva.

Analisando a literatura (KNEUBIL, 2014; RODRIGUES, 2015) há a proposição de algumas etapas importantes para a elaboração de sequências didáticas associadas à abordagem TLS e achamos muito pertinente discuti-las com o objetivo de enriquecer o nosso trabalho e deixar os leitores mais informados sobre a proposta. Os autores anteriormente citados tratam de cinco etapas importantes para a utilização da metodologia TLS, a citar:

*i) a proposição do tema surge, em geral, de professores-pesquisadores que apresentam sua inquietação sobre o currículo de ciências em determinado nível de ensino e buscam levar novas possibilidades de atualização curricular. No Brasil, a maioria das vezes os trabalhos são voltados para o ensino médio e elaborados em nível de educação básica como proposta de levar o conteúdo de FMC para estudantes a partir de sequências didáticas que buscam desafiar o que foi proposto.*

Desde o ano de 2002, um grupo coordenado pelo professor Maurício Pietrocola da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo chamado NUPIC<sup>7</sup> (Núcleo de Pesquisa

---

<sup>7</sup> Maiores informações sobre o NUPIC podem ser obtidas no site do grupo na internet, disponível na página <http://www.nupic.fe.usp.br>.

em Inovação Curricular) juntamente com estudantes de pós-graduação, professores e demais pesquisadores da área da educação, produzem materiais didáticos baseados em processos de pesquisa, visando a atualização curricular de física do ensino médio utilizando a abordagem DBR-TLS e implementam suas propostas na rede pública de ensino de São Paulo.

O Quadro 2.2 mostra as produções de sequências didáticas com temas de FMC desde a criação do grupo, no qual pesquisadores e professores desenvolvem variadas sequências didáticas, que une conhecimento acadêmico, os diversos saberes docentes e são aplicadas em situações reais de sala de aula na rede estadual de São Paulo.

**QUADRO 2.2 – PROPOSTAS TEMÁTICAS USANDO A ABORDAGEM TLS PRODUZIDAS NO NUPIC**

<b>PROPOSTA TEMÁTICA DE FMC</b>	<b>AUTOR(ES) / REFERÊNCIA</b>
Equivalência entre massa e energia	KNEUBIL (2014)
Paradoxo dos Gêmeos	NICOLAU-JUNIOR (2014)
Estrutura da Matéria	PESSANHA (2014)
O éter, a luz e a natureza da ciência	FORATO (2009)
Física das Radiações	SOUZA (2009)
Fundamentos da Relatividade Restrita	BROCKINGTON, GURGEL E BEIG
Partículas Elementares	SIQUEIRA (2006)
Dualidade Onda-Partícula	BROCKINGTON (2005)

**Fonte: Rodrigues (2016)**

As propostas do NUPIC são voltadas para a reestruturação da proposta didática do currículo de física no ensino médio e aplicadas em escolas de São Paulo que, além da produção de sequências didáticas com propostas temáticas inovadoras que vão além das teorias e são balizadas nos fundamentos da abordagem DBR-TLS.

*ii) o design* é uma etapa muito relevante que se dá por meio da troca de experiências entre pesquisadores e professores para a criação de propostas temáticas, sua criação e posteriormente implementação, principalmente durante a formação de equipes colaborativas, por requer uma parceria constante dos profissionais, na qual as sequências não devem ser obras de um único pesquisador, posto que a equipe deve ser formada para gerenciar todas as etapas da TLS.

Para a minha proposta didática, não conto com uma equipe tão consolidada como a do NUPIC e é formada apenas pelo autor desta dissertação (*designer* principal e aplicador da proposta) e seus orientadores, pela dificuldade de encontrar colaboradores disponíveis para a formação da equipe. Trata-se de um processo de formação contínua de colaboração e participação dos membros do grupo que participam de todas as etapas da elaboração da TLS.

Com isso, todos os membros colocam no planejamento da proposta didática algumas de suas experiências didáticas para serem discutidas durante a implementação da sequência e esse “é um dos grandes motivos para se construir a sequência coletivamente: condensar os diversos significados locais em uma estrutura reconhecível mais ou menos da mesma forma pela instância dos professores e pesquisadores” (NICOLAU-JUNIOR, 2014, p.25).

*iii) a implementação* é o momento em que a proposta didática posta na teoria deve ganhar espaço no ambiente escolar e será colocada em prática por um dos membros do grupo. É a oportunidade de aproximar as pesquisas realizadas no meio acadêmico e a sala de aula, pelo fato de que muitos professores criticam que tais propostas são muito distantes do seu ambiente de trabalho e não condizem com a realidade escolar.

Trata-se de uma etapa em que o grupo deve prever possibilidades didáticas e sempre estar atento ao inesperado, pois a diversidade da sala de aula é ampla e muitas mudanças na proposição inicial podem não coincidir com o que elaborado pela equipe. Isso nos reafirma em nossa proposta para a formação da equipe de trabalho, já que o professor-pesquisador é o *designer* principal da proposta e vai buscar adequar a sequência didática na realidade da sala de aula.

*iv) a validação* é um processo para verificar a possibilidade de efetivação da sequência didática como por meio da aplicação de pré-teste ou pós-teste planejados e apresentam uma relação com os objetivos propostos para a aplicação da TLS. Essa etapa compreende uma análise mais detalhada sobre os instrumentos de coleta de dados, por exemplo, para que o grupo verifique se há incoerência na proposta a ser aplicada, se está pronta para ser ir para o contexto da sala de aula enquanto elemento pedagógico para a prática docente.

Trata-se de um momento em que o grupo verifica a *coerência interna* da proposta didática (KNEUBIL, 2014; NICOLAU-JUNIOR, 2014) que está diretamente associado à intenção didática, pois

a qualidade de uma sequência depende de uma especificação de objetivos definidos e deve levar em conta uma coerência interna entre o design, os princípios de design, a percepção da equipe, do professor implementador e a atuação dos estudantes,

durante a implementação. Esta coerência interna que pode indicar uma qualidade didática da TLS associa-se, para nós, à intenção didática incorporada aos princípios de design (KNEUBIL, 2014, p. 64).

A qualidade da sequência didática depende do planejamento e da *intencionalidade didática*<sup>8</sup> do professor-pesquisador que buscar melhor aprimorar sua proposta por meio de elementos indispensáveis que lhes dão coerência estrutural e é decidida em grupo para melhor conduzi-la em sala de aula. Para o termo *qualidade didática* (LIJNSE e KLAASSEN, 2004) está associado à questão de que não poderemos tratar qual o “melhor modo de se ensinar” determinado tópico de ciências, podemos optar por formas que possuem mais qualidade em detrimento de outras, dando a possibilidade sobre qual o percurso viável a ser traçado para o processo de ensino e aprendizagem, dando ênfase sobre o motivo de escolher determinados percursos e não outros.

v) *a avaliação*, apesar de ser muito próxima do termo *validação*, são etapas diferentes da elaboração de uma TLS, pelo fato de tratar de um momento no qual “as etapas de validação dos instrumentos de coleta de dados e o *check-list* são verificados para atestar se houve coerência interna” (RODRIGUES, 2016, p.21). A avaliação pode ser interna, quando é possível testar o potencial de uma sequência aplicada a estudantes em relação aos objetivos inicialmente proposto pelos pesquisadores ou externa, quando é possível verificar com terceiros se a mesma sequência obteve resultados mais eficazes em relação ao grupo de estudantes tido como referência (RODRIGUES *et al.*, 2012).

Para a avaliação, Rodrigues *et al* (2012) aborda aspectos mais complexos na análise de dados de forma subjetiva em uma pesquisa qualitativa, sendo que para realizar a avaliação são utilizados muitos instrumentos educacionais como diários de bordo, gravações em vídeo ou áudio, relatos didáticos de observações, entre outros. É por isso que faz sentido usar a validação e avaliação como etapas distintas na elaboração de uma TLS.

vi) *o re-design* ocorrerá após a primeira implementação da proposta e gerenciado todo o processo para refinar a sequência didática, a partir da análise das atividades desenvolvidas pelos estudantes, registros dos encontros e da dinâmica do professor, entrevistas com os sujeitos da pesquisas, diários de campo ou de bordo, entre outros instrumentos que permitam fazer essa apreciação.

---

<sup>8</sup> São termos que agrupam a proposta didática para melhor conduzi-la em todo o processo que lhe atribui qualidade na estrutura formulada, relacionando com a lógica e a coerência internas como os elementos necessários do alinhamento proposto durante todo o trabalho.

Esta etapa depende da avaliação feita após a implementação da TLS focada sobre todo o processo e as atividades desenvolvidas. A reavaliação é comum na prática educacional e está associada à diversidade existente no contexto escolar e suas múltiplas concepções da práxis pedagógica, bem como sobre o professor estar atento ao inesperado em sala de aula. Kneubil (2014) referencia um *manual preventivo* que deve alertar o professor sobre as dificuldades didáticas e os possíveis obstáculos de aprendizagem que podem aparecer em sala de aula e acrescenta que pode haver essas modificações na sequência didática, não sendo obrigatório que o mesmo professor a aplique.

### **2.3 PONTOS DE CONVERGÊNCIAS NA ABORDAGEM DBR-TLS**

Apesar de essas abordagens surgirem em contextos diferentes e regiões geográficas também distintas, possuem muitas propriedades em comum que se assemelham e podem ser utilizadas para a construção de sequências didáticas. Nesse sentido, busco discuti-las no trabalho para estreitar a relação didática entre as mesmas e traçar um alinhamento entre suas características.

Diante do contexto da DBR e da TLS, bem como suas características, convém mencionar que ambas apresentam a primeira convergência de equilíbrio entre teoria e prática, bem como se fundamentam na aplicabilidade da proposta para o contexto real a que se destina (RODRIGUES *et al*, 2012).

Além disso, dois estudos baseados na abordagem DBR (DBR COLLECTIVE, 2003; WANG e HANNAFIN, 2005) apontam características intrínsecas desta abordagem, porém aqui convencionamos focalizá-las como convergências muito pertinentes tanto da DBR como da TLS, por se relacionarem como pontos em comuns e intervenções educacionais que incluem o ensino e a aprendizagem, a citar:

*i) o pragmatismo*, evidenciados através de questões da prática educativa sobre o design e o processo de ensino e aprendizagem, alinhados aos objetivos de propostas didáticas com os de teorias a serem utilizadas nas sequências desenvolvidas;

*ii) a iteratividade*, por ocorrer em uma produção cíclica dos procedimentos gerais da sequência, incluindo o *design*, a implementação, a análise da proposta e um *re-design*;

*iii) a interatividade*, pois envolve a formação de um grupo de colaboradores para a elaboração da sequência, incluindo professores, pesquisadores e *designer* para propiciar a inovação curricular;

iv) a *flexibilidade*, garantindo à proposta de design inicial que pode passar por modificações ao longo do processo iterativo para melhor se adequar a necessidade educacional;

v) a *integração*, utilizando as mais variadas propostas teóricas e métodos que aumentam a validade e aplicabilidade da proposta; e,

vi) a *contextualização*, adaptado a um contexto escolar, em geral, a educação pública, e associados ao processo de design da proposta, para o posterior registro e documentação dos resultados obtidos com a aplicação da proposta didática.

Cabe destacar que são características que se relacionaram com todo o processo de design, implementação e análise da sequência didática, que desta forma inclui aspectos da abordagem DBR-TLS e fez parte do gerenciamento de todo o processo que deve ocorrer sob o olhar atento dos professores-pesquisadores.

### **2.3.1 USO DA ABORDAGEM DBR-TLS NO MESTRADO PROFISSIONAL**

A apropriação da proposta da abordagem DBR-TLS dentro de um mestrado profissional nos assegura uma projeção sobre as intenções de pesquisa do professor-pesquisador e garante uma maior concretude sobre o desenvolvimento de um produto educacional a ser implementado em sala de aula, como resultado de uma intervenção didática. Portanto, são características muito pertinentes para quem pretende elaborar material tanto para seu manuseio como disponibilizar para outros que estejam interessados na temática em questão, pois o mestrado profissional do IEMCI/UFGA tem como uma de suas peculiaridades a de proporcionar

o desempenho de pesquisadores de outras áreas do conhecimento na produção e avaliação de produtos educacionais diversos. Isso poderá a um só tempo beneficiar os sistemas de ensino com profissionais melhor preparados e materiais didáticos mais eficazes para o ensino de ciências e matemática, além de contribuir para a aproximação entre a universidade e as escolas. (PROPOSTA DO PPGDOC<sup>9</sup>, 2013, p.5)

Além disso, o mestrado profissional diferencia-se dos outros mestrados da área por dar oportunidade a professores da educação básica que estão em pleno exercício e que podem implementar propostas didáticas por meio do aprofundamento de referenciais teórico-

---

<sup>9</sup>Trata-se da proposta de criação do Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas do IEMCI/UFGA. Este documento traz toda a identificação da proposta para a criação do curso novo de mestrado profissional, extraído do site da CAPES no dia 02 de abril de 2013 às 17h02, contendo 104 páginas numeradas.

metodológicos, sobre o processo de produção do conhecimento científico e diretamente associado à práxis pedagógica, visto que está

focado no desenvolvimento e avaliação sistemática de processos ou produtos instrucionais, que possam ser utilizados em condições reais de ensino. Além disso, o mestrado profissional poderá atrair e contar com a participação de pesquisadores de outras áreas do conhecimento que tenham interesse em se envolver no desenvolvimento de pesquisa e inovação na área de ensino. (idem)

Nesse sentido, a proposta do mestrado profissional está associada à obrigatoriedade do desenvolvimento de um produto educacional que, neste trabalho, traz semelhanças e particularidades à abordagem DBR-TLS, formando mestres com competências, habilidades e atitudes que os diferenciam por serem autores da sua própria prática.

O produto educacional a ser desenvolvido pela presente proposta, em consonância com os PCNEM, no sentido da inserção de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, deverá contribuir para o delineamento de estratégias didático-pedagógicas por envolver:

(1) a produção de um material didático instrucional (sequência didática cuidadosamente planejada e testada sobre física de partículas com roteiro didático), com o objetivo de auxiliar os docentes em sua dinâmica de trabalho; e,

(2) um jogo de tabuleiro, um minicongresso escolar e um *blog* educativo, considerados aqui como subprodutos, que foram desenvolvidos de modo a estimular discussões entre os estudantes e o professor, promovendo a interação social e a troca de experiências na construção do conhecimento.

Além disso, essa proposta acrescenta contributos significativos para a elaboração de um produto educacional, trazendo perspectivas para atividades em que se destacam:

(1) uma releitura do ensino de Física no contexto do ensino médio a partir de temas atuais;

(2) um estímulo aos professores a utilizarem propostas didáticas diferenciadas que facilitem a aprendizagem dos estudantes e os motivem a estudar ciências; e,

(3) a inserção do Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas na proposta temática deste trabalho com a finalidade de difundir esse conhecimento na região a fim de minimizar as diferenças regionais, haja vista que regiões brasileiras como a sudeste, sul e nordeste já possuem trabalhos desenvolvidos nesta área.

## **2.4 A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TÉCNICA (ACT) PARA A FORMAÇÃO CIDADÃ**

As propostas de pesquisas com abordagem DBR-TLS tidas por sua vez como referenciais teóricos que apoiam procedimentos metodológicos em todo o seu processo não se restringem a teorias específicas relacionadas ao processo de ensino e aprendizagem, mas, por sua vez, apoiam-se em teorias maiores que podem ser trabalhadas de forma conjunta e interativa, permitindo ao professor-pesquisador adaptar conforme a realidade de sua dinâmica de trabalho. Diante desse fato, proponho um alinhamento dessas abordagens com o enfoque da ACT para a nossa sequência didática, vislumbrando elementos bastante coerentes para o âmbito educacional, posto que esse movimento defende a formação de cidadãos conscientes perante os impactos da ciência e dos meios tecnológicos.

Para o papel do ensino de ciencias com vistas à promoção da alfabetização científica e técnica há muito se busca meios de tornar o estudante o sujeito a protagonizar o seu meio social, diferentemente do ensino tradicional que mantém o indivíduo preso a conteúdos com poucas aplicações em sua realidade. Desse modo, Fourez (1994) estabelece alguns competências de um ensino capaz de desenvolver a ACT no estudante, quando:

(i) utilizar conceitos científicos e integrar valores e saberes para adotar decisões responsáveis à sua vida e compreender que a sociedade exerce um controle sobre as ciências e as tecnologias imprimem seu selo à sociedade;

(ii) reconhecer tanto os limites como a utilidade das ciências e as tecnologias no processo de bem-estar humano, assim como conhecer os principais conceitos, hipóteses, teorias científicas e ser capaz de aplicá-los;

(iii) apreciar as ciências e as tecnologias pela estimulação intelectual que suscitam, bem como entender que a produção de saberes científicos depende enquanto de processos de investigação e de conceitos teóricos;

(iv) saber reconhecer a diferença entre resultados científicos e opiniões pessoais;

(v) reconhecer a origem da ciência e compreender que o saber científico é provisório e sujeito a troca segundo o grau de acumulação de resultados;

(vi) compreender as aplicações das tecnologias e as decisões que sua utilização implica possuir suficiente saber e experiência para apreciar o valor da investigação e do desenvolvimento tecnológico;

(vii) extrair de sua formação científica uma visão de mundo mais rica e interessante e conhecer as fontes válidas de informação científica e técnica e recorrer a elas quando há de

tomar decisões e ter uma certa compreensão da maneira em que as ciências e as tecnologias foram produzidas na história.

Dessa forma, há a necessidade de os estudantes refletirem sobre questões, pressupostos, valores, objetivos, metas e limitações da ciência para com a sociedade, haja vista que a ACT valoriza o conhecimento razoável de determinados temas e sua importância científica, gerando consciência própria nos estudantes e para entender a cultura e a sociedade, com objetivos humanistas, ligados ao social, ao econômico e ao político e visa à formação do cidadão (FOUREZ, 1994). Chassot (2003) assegura que a ACT é uma dimensão para potencializar alternativas que privilegiam uma educação mais comprometida, envolvendo um conjunto de conhecimentos que visam capacitar o indivíduo para fazer uma leitura de mundo, possibilitando o entendimento e a tomada de consciência de se fazer parte de um meio no qual está inserido.

Assim, minha proposta didática traz um enfoque da alfabetização científica e técnica que, de maneira mais geral, coaduna com as competências e as habilidades que são privilegiadas aos estudantes nos PCNEM, voltadas para uma educação consolidada no exercício pleno da cidadania.

Ao promover essa integração curricular, os estudantes lidam com conteúdos atualizados e associados às rápidas mudanças provocadas por meio da evolução da ciência e tecnologia que demandam profundas inovações na formação científica a estudantes imersos em um ambiente globalizado.

Nesse sentido, a ACT se adequa aos pressupostos educacionais e apontam para as mudanças que culminaram em ideias voltadas para a formação de estudantes imersos em uma comunidade globalizada e sob forte influência das mais modernas tecnologias vigentes. Nesse processo, a educação em ciências busca metodologias eficazes com a finalidade de estimular a aprendizagem de conteúdos científicos e axiológicos, evitando a rotina que permeia as salas de aulas, motivando a participação ativa de estudantes na compreensão de fenômenos científicos e de valores humanos.

Para o ensino médio, o objetivo central de um ensino de ciências com enfoque em na ACT deve

proporcionar a todos um caminho potencial para as carreiras científicas e de tecnologia, proporcionar informações sobre a visão científica do mundo, que é de utilidade comprovada para muitos cidadãos, comunicar alguns aspectos do papel da ciência e da tecnologia na vida social, ajudar a desenvolver habilidades de raciocínio lógico complexo e o uso de múltiplas representações.” (LEMKE, 2006, p.6)

Nesse seguimento, a alfabetização científica e técnica incorpora-se com o objetivo geral da nossa proposta didática e sobre o processo de desenvolvimento da sequência sobre física de partículas com abordagem DBR-TLS para que desenvolva a alfabetização científica e técnica e o exercício para a cidadania a estudantes do ensino médio a partir da produção de conhecimentos sobre questões diversificadas de ordem ética, político-econômica e sociocultural.

### III - PLANEJAMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

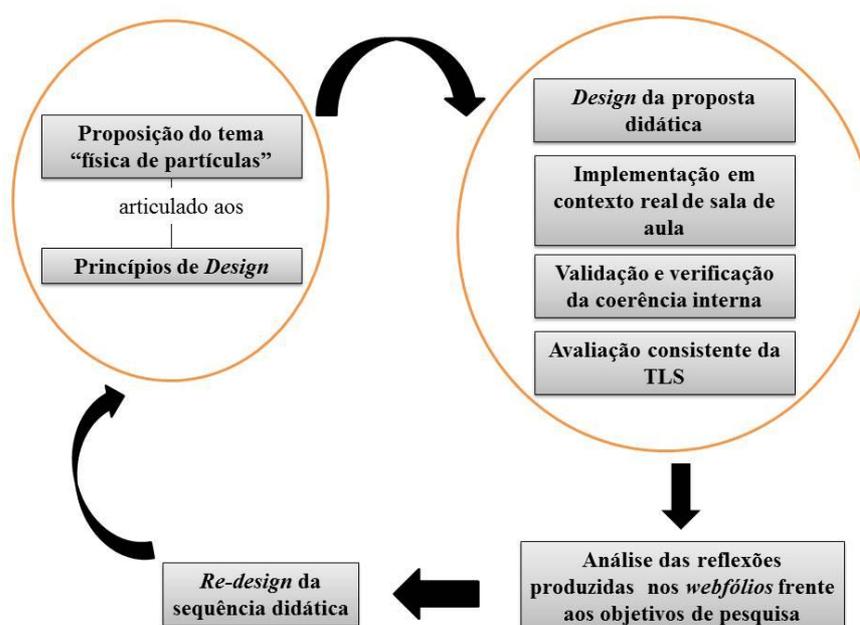
Neste capítulo, apresento os princípios de *design* que foram fundamentais para a elaboração da sequência didática, desde a fase do planejamento até a implementação da proposta. Em seguida, trago uma discussão sobre as lições apresentadas e as atividades a serem desenvolvidas na nossa proposta.

#### **3.1 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA E OS DESAFIOS DE ELABORAÇÃO**

As dinâmicas de trabalho para a elaboração e orientações didática estão descritas neste capítulo da dissertação e servem como referencial para que outros professores ampliem a atuação docente, estabelecendo uma maior proximidade na relação professor-conteúdo-estudantes.

Após o planejamento do tema adotado para a sequência didática, foi necessário o uso de princípios de elaboração para desenhá-la, juntamente com que recursos instrucionais que foram utilizados. Apresento na Figura 3.1 a estrutura geral que mostra como está planejada a sequência didática e sua implementação no contexto real de sala de aula.

**FIGURA 3.1 – PLANEJAMENTO ESTABELECIDO PARA A SEQUÊNCIA DIDÁTICA**



Fonte: Elaborada pelo autor

Para organizar a sequência didática, enfrentei um desafio pessoal de como, por que e o que problematizar acerca do tema em questão a partir de situações de vivência social dos estudantes, na perspectiva de incentivá-los na busca de respostas às suas indagações e, sobretudo, criar conflitos a partir de sua própria curiosidade favorecendo o desenvolvimento de elementos que se articulassem de forma lógica e diretamente relacionados ao nosso objeto de estudo: as partículas elementares da matéria.

O desafio inicial foi posto sobre a mesa. Leituras dinâmicas, participação em eventos científicos, pesquisas na internet e discussões com terceiros foram feitas na busca de uma estrutura inicial para este trabalho. Na busca de estratégias, tive pensamentos sem respostas e, até mesmo, sentimentos de desistência do tema, por não ter encontrado elementos bem articulados com a realidade local dos estudantes, ou algo próximo de sua realidade social, e que seja marcante na intervenção de aprendizagem.

Ao tempo em que busquei bases teórico-metodológicas, mantive a inquietação em torno da definição de um tema inicial que servisse à proposta. Um tema envolvendo a *internet* nos pareceu adequado, mais seguramente a origem da famosa *WWW (World Wide Web)* no CERN que, por sua vez, tem relação com as pesquisas em ciência básica e poucos estudantes possuem esse conhecimento.

Tal assunto (a origem da *WWW*) é certamente muito comum na realidade dos estudantes e merece atenção especial principalmente pelo fato de ter alterado a comunicação e as relações sociais no mundo, bem como por estar ao redor de praticamente todas as pessoas ao mesmo tempo em que influencia diretamente em nossas vidas nos aspectos políticos, econômicos, de lazer, de investigação, de comércio, de serviços e educação de forma profunda em nossa sociedade.

A origem da *WWW (World Wide Web)*, considerada a mais poderosa ferramenta de informação e comunicação do mundo, foi concebida originalmente no CERN, onde muitos físicos de alta energia e colaboradores criaram uma demanda por informações instantâneas a compartilhar entre os demais cientistas que trabalhavam em diferentes universidades e institutos de todo o mundo.

Nesse contexto, estruturei a sequência didática em lições de modo a contemplar os conhecimentos científicos para a compreensão do tema e da problematização inicial. O uso do termo “lição” se dá pelo fato de se relacionar a algumas características propostas na sequência como um ensino acompanhado e orientador pelo professor, a ser entregue aos estudantes que se preparam para apresentação e discussão de tarefas atribuídas em cada lição proposta e

culminam em uma socialização mais ampla de ideias, ao final da aplicação da sequência.

Dividi as lições em etapas, e dentro de cada uma há atividades que se apresentam com recursos didático para dinamizar o estudo do tema e conectar o estudante no assunto, na tentativa de motivá-lo a pesquisar mais sobre o mesmo e trazer para a sala de aula novos conhecimentos e informações adicionais para socializar.

A partir dessa situação de estudo, todos os conceitos científicos foram organizados pelo auxílio docente com atividades capazes de sistematizar o conhecimento que já foi problematizado inicialmente pelo professor e identificado posteriormente pelos estudantes por meio das lições. Não se trata de lições completas, deixando os estudantes livres na busca de outros conhecimentos similares e até mesmo ir além do que propoem.

Trata-se de um planejamento das minhas ações docentes para que seja aplicado num período curto de duração, em geral, poucas semanas, e que não extrapole as exigências de tempo em turmas regulares de ensino, nem se tornem exaustivas para os estudantes.

Referindo-me às atividades moldadas para comporem às lições, enquanto pesquisador da TLS, planejei estruturas para que o material didático fosse o mais viável possível para o ambiente escolar e capaz de sobreviver em um espaço com distintas realidades. Para isso, apropriei-me de atividades diversificadas com o propósito de surtir efeitos positivos tanto pensando na postura que será tomada pelo professor ao encaminhar os conteúdos de física de partículas como na aprendizagem dos estudantes em seu contexto social.

Por fim, desenvolvi um jogo de tabuleiro a ser aplicado na última lição da sequência didática e também um minicongresso escolar de física de partículas, nos quais os estudantes retomam o que foi discutido inicialmente e aplicam na prática seus conhecimentos e habilidades adquiridos no percurso de implementação da sequência didática.

Elaborar uma sequência didática capaz de facilitar o ensino e despertar interesse nos estudantes pela temática em questão é um desafio, mas será o meu objetivo maior a ser superado. Para isso, apesar de existirem vários princípios de *design* estabelecidos na literatura, tracei apenas dois princípios de *design* considerados partes essenciais ao *design* da TLS para que pudesse compreender todo o processo de elaboração do material didático, dentro das finalidades dos caracteres epistêmicos e pedagógicos, conforme seguem.

### 3.2 PRINCÍPIOS DE DESIGN DA PROPOSTA DIDÁTICA

Refletindo sobre os princípios de design planejados, destaco que estes estão incorporados como princípios associados ao estudo e pesquisa propostos, desenvolvidos pensado-se em uma integração pedagógica acerca da intervenção educacional realizada.

Para a sequência, priorizei dois princípios de *design: o didático* – fundamental à natureza de construção um material instrucional à docência dando ênfase ao papel do professor como parte do contexto global na educação básica para a formação cidadã, bem como ser o agente a estimular concepções teóricas sobre o tema e ampliar a participação do estudantes no processo de aprendizagem.

No segundo princípio – *o estímulo à alfabetização científica e técnica* – aponto a construção de conhecimentos dos estudantes com vistas à alfabetização científica e técnica, como propõe Fourez (1994), como uma reflexão para o desenvolvimento de ideias e conhecimentos sobre a prática do professor, que oferece aos estudantes flexibilidade e autonomia durante toda a intervenção pedagógica e, para a sequência desenvolvida, foram criadas ferramentas que viabilizassem um conteúdos com práticas diferenciadas a serem levadas à sala de aula.

#### I) PRINCÍPIO DIDÁTICO: SOBRE A PRÁTICA DOCENTE

A minha postura enquanto professor-pesquisador durante todo o gerenciamento do processo de aplicação da sequência didática e, principalmente, para a produção dos *webfólios* foi crucial, para assim assumir o papel de mediação do processo de ensino e aprendizagem. O *webfólio* é uma versão digital de portfólio e surge nesse contexto como um recurso para se trabalhar com hipertextos em sala de aula e, sobretudo, com o objetivo de compartilhar informações entre os usuários tal como foi o objetivo de criação da ferramenta da *World Wide Web*.

Crio então um ambiente virtual no qual os estudantes interagem a partir das lições estudadas e postam suas ideias, haja vista que a qualidade da minha orientação didática:

(i) é determinante para o êxito na construção dos *webfólios*;

(ii) favorece o desenvolvimento da autonomia dos estudantes;

(iii) estimula uma postura reflexiva e investigativa dos estudantes;

(iv) deve provocar os estudantes sobre os conceitos aprendidos, para que eles os reconstruam de modo mais ampliado e consistente.

O ato de aplicar uma sequência didática requer um posicionamento prévio sobre o que pode vir a acontecer em sala de aula frente às atividades propostas. Como a TLS não pode

ser tida como um material didático pronto, tal como uma receita de ensinar física de partículas, esta pode ser moldada no currículo escolar devido a sua flexibilidade, mas sempre com possibilidade de redesenho, permitindo uma interação maior entre o professor e os estudantes. Portanto, a postura docente deve respeitar o tempo de aplicação, o desenvolvimento das atividades e uma posterior avaliação da aprendizagem, assim como outra com modificações para determinado contexto escolar.

Para um melhor embasamento do professor, elaborei um “*Guia Didático*”, parte indissociável da sequência didática para a aplicação da proposta e encontra-se nos apêndices deste trabalho.

## **II) A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TÉCNICA COMO PRINCÍPIO DE DESIGN**

A seleção dos conteúdos para a aprendizagem dos estudantes seguem o princípio epistemológico de acordo com as premissas fundamentais da alfabetização científica e técnica, proposta por Fourez (1994). A interação nos jogos didáticos, as lições apresentadas e a metodologia utilizada no *design* da sequência didática são uma premissa à construção de uma “espinha dorsal” da TLS. Dessa forma, foi imprescindível vincular os conteúdos sobre física de partículas à perspectiva da alfabetização científica dos estudantes, tomando como essência da sequência didática para a ACT.

Para se estabelecer os textos-bases com os conteúdos mínimos a serem estudados, analisei outras propostas didáticas presentes em trabalhos acadêmicos e em livros didáticos nas mais diferentes situações e, por isso, planejei uma sequência que permite avanços na aprendizagem dos estudantes partindo de um conhecimento científico presente no seu cotidiano e chegando aos estudos mais gerais sobre as partículas elementares, dando-lhes autonomia na construção do conhecimento.

Os textos-bases contendo os conteúdos mínimos partem de um posicionamento mais conceitual e qualitativo e apresenta tímido formalismo matemático e equações, assegurando uma formação básica aos estudantes sobre física de partículas, incluindo conhecimentos atitudinais e formação de valores frente aos assuntos abordados que foram elaborados com uma estreita ligação com os processos de construção da ciência e aplicação das tecnologias desenvolvidas para o bem-estar social, dentro das especificidades constantes na abordagem da ACT e do que propõem a LDBEN, as DCNEM e os PCNEM com valorações para a formação dos estudantes do ensino médio.

Diante do que expõem as legislações, notei que apesar de haver um distanciamento dessas ciências na aplicação em sala de aula, há uma grande dependência da linguagem matemática para estruturar os conceitos modernos para o ensino de física. Acentua-se muito a segunda no ensino da primeira e muitos estudantes não veem diferenças entre as duas.

O estudo sobre física de partículas ainda é um conteúdo pouco explorado em sala de aula, principalmente no ensino médio das escolas públicas. Encontrei algumas propostas didáticas de implementação desse conteúdo e sua aplicação em sala de aula, mas como fazer para que propostas com essa temática sobrevivam ao espaço escolar? Trata-se de aplicações feitas por pesquisadores em parceria com professores do nível médio, porém os professores ainda encontraram muitas dificuldades no processo de ensino/aplicação pelo fato de os conteúdos exigirem pré-requisitos de transposição para a sala de aula, o que demanda tempo, a análise de cálculos matemáticos sofisticados enroscados na compreensão conceitual das partículas elementares que talvez não esteja no nível da matemática do ensino médio, a dedicação para moldar o conteúdo para a aprendizagem e, sobretudo, interesse próprio para trabalhar com o tema (SIQUEIRA, 2006).

Não há necessariamente uma proposta única de conteúdos mínimos de aprendizagem para o estudo de física de partículas, porém torna-se indispensável que o professor-pesquisador estabeleça uma grade curricular de conteúdos para que não extrapole o programa de física no ensino médio nem se torne exaustivo para os estudantes, conforme propõem os aspectos gerais de uma TLS. Esses conteúdos mínimos aqui propostos podem ser adaptados à realidade do contexto escolar, subtraídos e até adicionados, dependendo da necessidade da turma, mas não ao ponto de alterar a espinha-dorsal da sequência.

Com a finalidade de enriquecer os textos-bases das lições frente ao princípio que prima pela alfabetização científica e técnica, proponho alguns itens de recursos diversificados para dinamizar a aula e facilitar a interação entre os estudantes e os estudantes com o professor, tais como:

#### **A) RECURSOS INSTRUCIONAIS DIVERSIFICADOS**

Alguns recursos foram pensados para o planejamento da sequência didática, afim de diversificar os conteúdos e instruir o professor frente ao que propõe o estudo de física de partículas com vistas à ACT:

### **- Recursos midiáticos: vídeos e simulações**

Os recursos midiáticos fazem referência às diversas mídias que podem ser aplicadas em sala de aula como os vídeos e simulações. Devem ser mídias curtas para que não extrapolem o tempo previsto das lições, podendo ser editadas pelo professor, contemplando apenas o que for necessário para a lição prevista. Filmes são excelentes mídias para a inserção em sala, porém são longas e podem interferir no tempo previsto.

Os recursos midiáticos, como os vídeos e simulações que usamos na nossa proposta, são ferramentas indispensáveis para a aprendizagem e foram selecionados para promover a curiosidade dos estudantes, permitindo aos mesmos que desenvolvam suas autonomias na busca de aprendizagem mais efetiva (MARTINHO e POMBO, 2009). Trata-se de ferramentas que devem ser bem exploradas em sala de aula no desenvolvimento de conceitos científicos e não pode descartar o uso dos textos-bases, mas servir como um recurso complementar para proporcionar uma interação em sala.

Os vídeos são extraídos e encontrados livremente no Canal *YouTube* em grupos de estudos de física, em reportagens de jornais e produzidos pelo próprio CERN, porém ainda são muito escassos na língua portuguesa, podendo dificultar o seu uso por parte dos professores e/ou estudantes. A maioria dos vídeos está em língua inglesa, os quais podem ser convertidos para uma legenda em português, apesar de nem todos apresentarem essa função.

As simulações são, em sua maior parte, também desenvolvidas em língua inglesa, mas, na maior parte, possuem sua versão nacional. Praticamente todas as simulações interativas usadas na TLS são oriundas do projeto *Physicals Educational Technology (PhET)* da Universidade do Colorado a apresenta alta qualidade nas simulações de diversas áreas, principalmente do ensino de física, sendo acessível aos estudantes do ensino médio.

São recursos complementares que atraem os estudantes e os motivam para a aprendizagem de conceitos científicos, quebrando a rotina de apenas textos e mais textos em sala de aula e produz efeitos pedagógicos que devem ser usados de forma criteriosa e eficaz, podendo se adequar a realidade do contexto escolar no qual será inserido (ROSA, 2000).

### **- Jogos didáticos: o jogo de tabuleiro**

A utilização de jogos e brincadeiras no ensino de ciências, em especial da física, mostra o seu potencial lúdico ao despertar o interesse aos estudantes para que sejam capazes de desenvolver analogias entre os jogos e os fenômenos científicos. São de grande valia para a aprendizagem, pois não culmina em uma memorização brusca do conhecimento sobre os

jogos ou brincadeiras, mas desperta no estudante a capacidade de refletir sobre as regras dos mesmos e trabalhando em paralelo com o que é produzido na ciência.

Esse diferencial no ensino de ciências desperta nos estudantes o interesse em compreender com mais afinco as “regras do jogo” que estão diretamente ligadas aos fenômenos científicos e permite uma maior interação entre si e com o professor. Jogar não é apenas um “passatempo” ou uma estratégia para uma aula não planejada, mas uma atividade complementar à lição estudada para que os estudantes busquem analisar os conceitos científicos estudados.

Além disso, os jogos didáticos no ensino de ciências estimulam o raciocínio lógico, criam uma maior socialização da turma, torna-se potencial para a aprendizagem e, sobretudo, permite ao estudante desenvolver sua autonomia (PINTO, 1997). Os jogos devem ser desafiadores e não rotineiros, criados a partir de uma prática pedagógica dinâmica, visando à formação de valores, de atitudes e comportamento.

#### **- O minicongresso escolar sobre física de partículas**

A proposta do minicongresso sobre física de partículas será desenvolvida na última etapa de aplicação da sequência didática, mas os estudantes são informados na apresentação da presente proposta, na qual oportunizamos aos mesmos a possibilidade de produzir um trabalho sobre os conceitos científicos que mais lhes despertou a curiosidade ou que ainda deixa grandes enigmas na comunidade científica. O professor fará o papel de orientador permanente e mediador dos assuntos a serem pesquisados durante todo o processo.

Assim, os estudantes serão os grandes protagonistas da TLS e desenvolverão sua autonomia para apresentar uma produção à comunidade escolar, haja vista que o evento será disponibilizado a todos. O objetivo desta atividade é desenvolver a análise crítica de informações e conceitos científicos sobre física de partículas e suas aplicações sociais.

Filgueira e Soares (2008) propuseram um minicongresso com temas contemporâneos de ciências, observando que os estudantes se empenharam em sua pesquisa que até ultrapassaram os objetivos iniciais da proposta de trabalho, enfatizando esta modalidade de trabalho no ambiente escolar como

uma alternativa viável como proposta de ensino; pois aliado à inserção de tópicos contemporâneos de ciências, permite que os estudantes discutam e conversem sobre ciência, em um ambiente de descontração, favorável para aprendizagem de conceitos, aumentando o interesse dos estudantes para a aprendizagem das ciências. (p.8)

Por ser uma atividade que faz com que os estudantes interajam com o meio, os autores classificaram-na com uma atividade lúdica, por simular a realidade e fazer com que os mesmos buscassem mais informações sobre os temas escolhidos e buscassem soluções para explicá-los com maior motivação que se fosse uma aula tradicional.

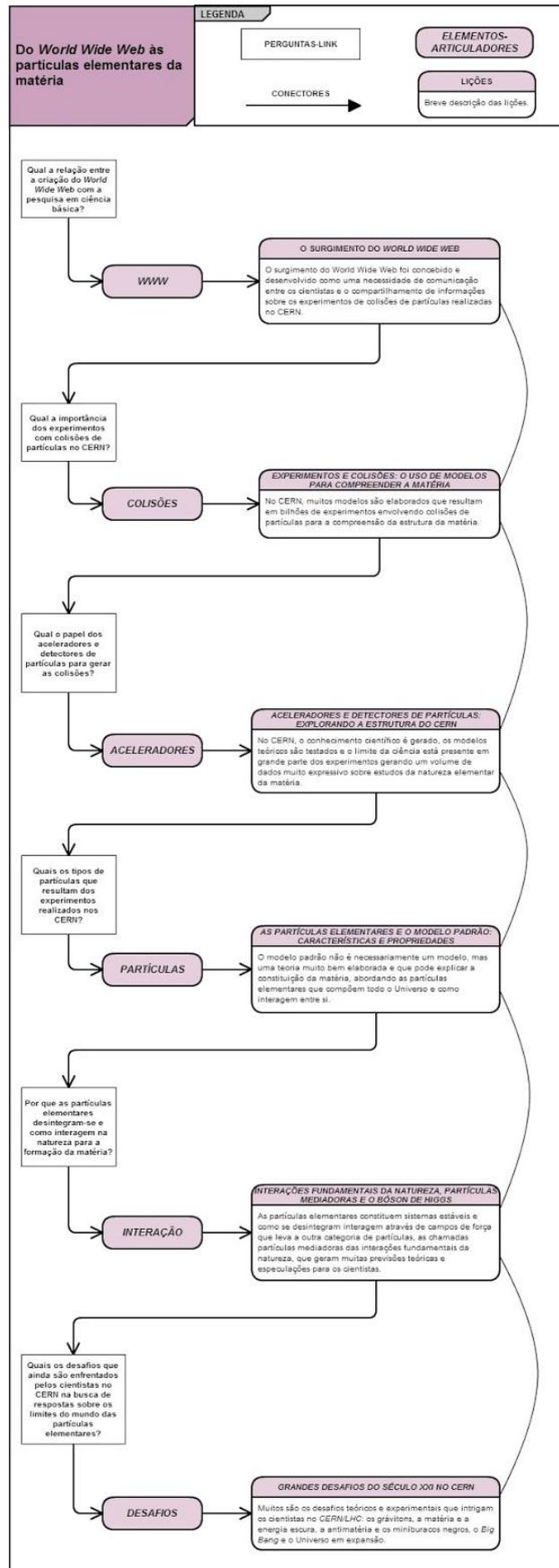
A partir dos elementos citados para a organização da sequência didática, alguns itens foram cruciais para estruturar o que chamamos de “espinha dorsal” da TLS, conforme dicuto a seguir.

### **3.3 ITENS ESTRUTURADORES DA “ESPINHA-DORSAL” DA TLS**

Convenciono como “espinha-dorsal” da TLS o corpo estruturado associado ao *design* da sequência didática sobre física de partículas que, para ser desenvolvido em um produto educacional, e precisou de antemão passar por um longo estudo de delineamentos de itens didáticos capazes de articular todo o conjunto de forma coerente e finalmente iniciar a elaboração.

Alguns itens são imprescindíveis para que a TLS ganhe um *design* mais coerente, conforme apresento a proposta de *design* (Figura 3.2) a ser estabelecida na sequência didática, e específico outras características estruturais:

**FIGURA 3.2 – PROPOSTA DE DESIGN**



Fonte: Elaborada pelo autor

Os itens que estruturam a “espinha-dorsal” da TLS são descritos a seguir:

## I) ELEMENTOS-ARTICULADORES

Um passo importante a pensar acerca da TLS é o foco na estratégia de criação de elementos que podem traçar nossa sequência como os “marcadores” propostos inicialmente por Brockington (2005) que fazem referência aos saberes que são relevantes na articulação de elementos que vão se associando coerentemente e criando uma estreita relação com um novo saber, traçando caminhos entre os conceitos científicos e a sequência de atividades a fim de que não perca sua direção nem o foco do que se pretende alcançar. Essa trajetória feita pelos “marcadores” permite ao pesquisador buscar alternativas durante a elaboração das atividades, assim como corrobora com o professor-aplicador na organização do conhecimento em sala de aula e, principalmente, amplia as possibilidades dos novos conhecimentos serem apreendidos de forma adequada pelos estudantes.

Ao notar a grande influência desses “marcadores” na articulação do conhecimento científico para a construção de sequências, tive a pretensão de neste trabalho chamar, convencionalmente, de “**elementos-articuladores**”, cujas características são similares à proposta de Brockington (2005) e a de “marcadores-estruturadores” utilizados por Siqueira (2006), mas que aqui se pautam numa estrutura elementar (uma palavra-chave) capaz de promover uma intervenção direta na estrutura da TLS e permitem uma orientação na elaboração da sequência de forma coerente e articulada e, mesmo que haja desvios cronológicos nos estudos de conceitos científicos necessários à aprendizagem, apresentam uma lógica didática crucial para a efetivação da construção do saber.

Por que “**elementos-articuladores**”? Primeiramente, utilizo o termo “*elementos*” pelo fato de tratar palavras que são norteadoras ao *design* da TLS, desde uma que representa o portão de acesso à sequência, fluindo por outras que encadeiam o que chamamos de “espinha dorsal” com coerência e mantendo uma articulação e, conseqüentemente, geram as lições o conjunto de atividades necessárias à aprendizagem. Não são necessariamente conceitos de física de partículas nem da física básica, por isso não atribuímos a nomenclatura “conceitos”, porém alguns são conceitos físicos, outros tecnológicos, enfim elementos que são capazes de articular-se à sequência.

Seis elementos-articuladores foram delimitados previamente como da WWW → CERN → modelos → partículas → interações → desafios e, nessa ordem, articulados de forma dialógica, permitindo a elaboração da sequência em seis lições com duração máxima de 2 horas cada, totalizando 12 horas/aulas para a sequência didática como um todo. Em cada

lição são especificados os objetivos a serem alcançados, os tópicos dos conteúdos a serem desenvolvidos e como se darão o conjunto de atividades com suas descrições, bem como o tempo previsto, estabelecidos no “*Guia Didático*”.

Esses elementos dialogam de forma sequencial, não de modo a pensar nas aulas sequenciais de física ditas tradicionais, mas de modo que se articulam, dentro do conteúdo proposto, mantendo uma estrutura bem coerente ao objetivo da TLS, com clareza e coerência, exprimindo uma junção dos elementos que traduzem a concepção de “*articuladores*” e unem a estrutura geral da sequência. Cada elemento-articulador representa uma lição correspondente, pois articula o elemento com os conteúdos a serem trabalhados em sala de aula.

Nesse sentido, os elementos-articuladores tem como aspectos:

- (i) uma organização didática articulada, facilitando a atuação docente no desvelamento do conteúdo sobre física de partículas; e,
- (ii) uma lógica no estudo dos conceitos científicos das lições a serem trabalhados em sala de aula para facilitar a aprendizagem dos estudantes; e,
- (iii) uma síntese do delineamento dos principais saberes envolvidos na compreensão do tema.

## **II) PERGUNTAS-LINK OU QUESTÕES PROBLEMATIZADORAS**

Ao emergirem os elementos-articuladores, surgem questões que criam problematização sobre os mesmos, visando uma discussão inicial entre o professor e os estudantes para uma aproximação sobre os fenômenos epistemológicos da ciência, por ser um estudo da natureza do conhecimento e de sua validade, a serem trabalhados no percurso de cada módulo e os conceitos científicos sobre física de partículas. Vários autores debatem sobre o termo “problematização” que ganha cada vez mais espaço no campo da educação em ciências como nas produções de Cachapuz, Gil-Pérez, Carvalho, Praia e Vilches (2005), Delizoicov (2005) e Delizoicov, Angotti e Pernanbuco (2011).

Nesse momento, meu objetivo não é ensinar ou demonstrar como se faz um problema ou como se cria uma problematização em determinados contextos, mas debater sobre o motivo de termos na TLS uma problematização com um significado didático e, assim, estreitar a relação do professor com o estudante, na tentativa de familiarizá-los sobre os conhecimentos científicos, partindo preferencialmente de uma situação-problema conhecida pelos estudantes. Estes, por sua vez, podem relatar algumas concepções prévias embasadas na sua visão de mundo. O professor participa nessa interlocução criando mecanismos de questionamentos servindo como um encaminhamento para o módulo em estudo.

Por acreditar que os professores conhecem a bagagem cultural que os estudantes trazem consigo, a problematização assume um caráter dialógico para potencializar o estudo sobre física de partículas. Pesquisadores como Méheut e Psillos (2004) e Kabapinar, Leach e Scott (2004) asseguram que são ferramentas importantes para o processo de ensino e aprendizagem e não só como um instrumento de pesquisa. Ao tratar de problematização os autores citados argumentam que ao elaborar uma TLS torna-se necessário problematizar um contexto na perspectiva de aproximar o professor dos estudantes, pelo fato de os mesmos exporem suas opiniões e ideias frente ao estudo de um determinado tema como forma de explicar os fenômenos que são abordados nas atividades da TLS e, sobretudo, fazer com que explanem hipóteses sobre um novo assunto.

### **III) AS LIÇÕES E OS CONTEÚDOS MÍNIMOS**

Um grande desafio da TLS é fazer com que ela sobreviva no espaço escolar. Diante dessa proposição, produzi um material didático com conteúdos diversificados da prática tradicional do ensino de física e que não interfira no programa curricular já existente, apostando em inovações metodológicas para a dinâmica de sala de aula.

Na TLS, trago um conjunto de lições que estruturam o corpo da sequência didática agrupadas em atividades diversificadas com o objetivo de possibilitar um trabalho mais diferenciado ao professor em sala de aula, bem como de facilitar a aprendizagem dos estudantes sobre os conteúdos mínimos necessários. Em conformidade com a proposta didática, as lições são dispostas em forma de textos que agrupam conceitos, definições e informações sobre o conteúdo proposto para que balizem em um instrumento de ensino significativo e contemple uma aprendizagem eficaz sobre os conhecimentos científicos de física de partículas. Dessa forma, a estrutura geral das lições dar-se-á por meio de três etapas didáticas conforme seguem.

A etapa **(I)** corresponde à *apresentação* que traz uma atividade inicial para problematizar os conteúdos mínimos a serem estudados, de modo a contemplar parte do que se propõe na lição e, em seguida, alguns questionamentos são propostos, permitindo uma interação entre o professor e os estudantes para que haja um debate sobre o assunto, na qual é possível identificar os conhecimentos prévios dos estudantes. Não pode ser uma atividade demorada, evitando interferências sobre o texto-base a ser estudado em seguida da apresentação.

A etapa (II) contempla o eixo de *aprofundamento da lição* constituído pelos *textos-base, conteúdos mínimos, materiais complementares e recursos interativos* a serem aprofundados em sala de aula.

Os textos-bases trazem os conteúdos mínimos necessários para a aprendizagem das lições desenvolvido a partir de pesquisas realizadas por mim em revistas, sites especializados e no próprio site do CERN para inserir informações atualizadas. Para acompanhar esses materiais, trago junto às lições alguns materiais complementares como artigos de revistas e notas de jornais para aprofundamento do tema ou notas que se incorporam ao assunto, bem como recursos para interagir com os estudantes como vídeos e simulacionais computacionais. Esses materiais são orientados de forma didática no “*Guia Didático*”.

Não se trata de um estudo linear sobre o desenvolvimento de física de partículas, mas enfatiza o que realmente é interessante para que o estudante conheça nesse nível de ensino. Não apresenta informações em linha histórica, mas possui uma coerência dialógica na sequência dos conteúdos para que não ocorra perda no sentido das lições. Nessa etapa, os mesmos podem interagir em atividades dinâmicas para que haja motivação de suas partes e criem um maior desempenho sobre o assunto.

Já a etapa (III) refere-se à *sistematização de ideias* que corresponde às atividades propostas após o estudo dos textos-bases e os materiais complementares para a lição correspondente. É o momento de sistematizar as ideias dos estudantes sobre o assunto, por meio das questões para reflexão nas quais os mesmos desenvolverão suas autonomias para discutir sobre algum assunto de seu interesse.

#### IV) QUESTÕES PARA REFLEXÃO

Uma etapa importante presente nas lições e que serão desenvolvidas como atividades nos *webfólios* são as **questões para reflexão**, as quais tratam da sistematização de ideias em que os estudantes ficarão mais ativos e demonstrarão as suas autonomias frente à lição estudada, expondo suas opiniões e ideias e, sobretudo, relacionando o assunto com outros, para possíveis explicações de fenômenos às perguntas que são previamente elaboradas pelo professor no material didático. O professor deve estar atento às dúvidas que os estudantes apresentarem para evitar falhas na aprendizagem e contribuir efetivamente para a compreensão do fenômeno abordado.

As atividades elaboradas valorizam diferentes contextos de aprendizagem a serem estabelecidos pelos estudantes e refinam os objetivos de cada lição. Trago questionamentos

abertos que potencializam e aguçam a curiosidade dos estudantes para que pensem em outros fenômenos que podem ser solicitados a refletir durante as atividades.

Isso não significa que aposto diretamente nesse roteiro de questionamentos abertos, mas na versatilidade de os estudantes virem a pensar sobre o assunto em questão e sua relação com a produção social, principalmente, dando-lhe apenas uma visão multidimensional da ciência. Para melhor entender as características das questões para reflexão, elaborei o Quadro 3.1 que as especificam.

**QUADRO 3.1 - TIPOLOGIA DAS QUESTÕES PARA REFLEXÃO POR LIÇÕES**

TIPOLOGIA DAS QUESTÕES	LIÇÕES				
	1	2	3	4	5
<b>Técnico-científica</b>	Q1	Q2, Q3, Q4 e Q5	Q3 e Q4	Q1, Q2 e Q3	Q3, Q4 e Q5
<b>Ética</b>	Q2	-	-	-	-
<b>Político-econômica</b>	Q3	Q1	Q5 e Q6	Q4	-
<b>Sociocultural e ambiental</b>	Q4	Q6	Q1 e Q2	-	Q1 e Q2

**Fonte: Elaborado pelo autor**

Nesse sentido, as questões para reflexão buscam não só uma relação direta com os conceitos científicos, mas também uma relação com conteúdos atitudinais acerca da postura do estudante diante de temas sociais, à vivência de valores e toda a sua diversidade. Diante disso, almejo aos estudantes a apropriação de conteúdos científicos voltados para a aplicação desse conhecimento no uso de tecnologias, por exemplo, para compreender suas implicações sociais, comprometido com os preceitos da ACT.

A tipologia das questões propostas foram formuladas a partir da minha experiência acadêmica e didática enquanto professor-pesquisador que busquei fazer um trabalho paralelo com o estudo de física de partículas com vistas às ACT, destacando:

#### **A) Questões de ordem técnico-científica**

Tal como outros temas de física que destacam elementos conceituais, as questões nas lições da sequência didática, que é o produto desta dissertação, apresento uma série de

enunciados, teorias e leis que foram cumulativas para que o conhecimento científico se instaurasse na comunidade científica. Possuem um caráter mais conceitual, que discorrem sobre situações-problemas e há aquelas que exigem do estudante um raciocínio matemático com viés mais quantitativo também. A proposta não se restringe somente ao acúmulo de conhecimentos, posto que também considera as atitudes e o grau de desempenho dos estudantes na análise e discussão de temas voltados para a ciência e tecnologia, com preponderância dos aspectos qualitativos sobre os quantitativos.

Dessa forma, espero que os estudantes consigam tratar de forma correta os conceitos técnico-científicos das lições de modo a não manter vícios ou posturas errôneas sobre os fenômenos da ciência. Pensando nessa possibilidade nas lições trago conceitos muito bem elaborados para evitar margens para outras interpretações incoerentes com o conhecimento científico.

Os pressupostos teóricos das questões permitem aos estudantes o desenvolvimento de conceitos científicos, porém a proposta não se resume ao estudante “decorar” conceitos de física de partículas e saber escrevê-los quando solicitados. Como priorizo uma postura crítica, habilidades e valores dos estudantes para uma ação cidadã, não espero que os conceitos surjam espontaneamente por meio da interação estudante-conhecimento-professor, mas busco estreitar essa relação para que o estudante seja capaz de transcender sua compreensão conceitual e explicitar os fenômenos analisados com efetiva compreensão da ciência sobre ações da sua realidade, conciliando os conceitos de forma coerente e organizada com o conhecimento científico discutido.

## **B) Questões de ordem ética**

São questões que envolvem o conhecimento científico sobre física de partículas e trazem uma discussão de ordem ética para que os estudantes possam argumentar sobre a natureza da ciência e das pesquisas feitas na e para a ciência, a fim de que resgatem sua conscientização sobre a humanidade e a produção tecnológica inserida na sociedade para diversos fins. Logo, espero que os estudantes construam conhecimentos e reflexões sobre a responsabilidade daqueles que trabalham na ciência, despertando interesse pelo assunto.

Assim, os estudantes poderão se posicionar como os cientistas pensam sobre o fazer ciência e o que a humanidade acredita em ser ciência, pois nesse contexto espero que os estudantes construam conhecimentos expondo seus pensamentos de forma crítica e reflexiva na perspectiva da responsabilidade social para com a ciência.

### **C) Questões de ordem político-econômica**

Além de questões de caráter ético, há nas lições questões de ordem político-econômica para que os estudantes se posicionem frente a esses assuntos e associem ao estudo do conhecimento científico produzido a partir dos conceitos e fenômenos analisados em física de partículas.

Essa abordagem diferencia a abordagem do ensino de física presente nas escolas públicas, nas quais os estudantes ainda são passíveis às informações transmitidas pelo professor. O caráter da ACT nas lições favorece o processo cultural dos mesmos e contempla sua vida político-social enquanto cidadão.

### **D) Questões de ordem sociocultural e ambiental**

As questões de ordem sociocultural se aproximam do ensino de ciências voltados para a ACT com um caráter mais amplo no qual inclui aspectos políticos, os interesses econômicos, os efeitos da mídia no consumo, etc. que propiciam ao estudante uma compreensão mais ampla dos mecanismos de domínio dentro das instâncias sociais.

Sendo assim, as questões de ordem sociocultural dão possibilidades aos estudantes um posicionamento sobre as diversas atividades da ciência e dos conteúdos científicos, do desenvolvimento tecnológico e das aplicações e implicações que são geradas para o contexto sociocultural.

Nesse âmbito, as lições da sequência didática abordam questões para uma reflexão sobre o meio ambiente e sua dinâmica a partir dos estudos desenvolvidos sobre física de partículas. Não se trata de um contexto de educação ambiental, mas de envolver questões que demonstram sua importância para a compreensão de elementos do conhecimento científico produzido pela ciência, principalmente por causa dos aceleradores de partículas e suas localizações. Apesar de incipientes, são necessárias para que os estudantes tenham o exercício da sua cidadania ambiental para com a sociedade.

## **IV - DELINEAMENTO METODOLÓGICO DA PESQUISA E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS**

Neste capítulo, abordo um delineamento metodológico da pesquisa qualitativa utilizada, discorrendo sobre os métodos de coleta e análise dos dados a partir da implementação da sequência didática. Nos tópicos seguintes, discuto os métodos utilizados neste trabalho e os dados obtidos, a partir da análise do diário de docência do professor-pesquisador e dos *webfólios* referentes à construção de conhecimentos dos estudantes. Ao final, apresento uma avaliação acerca da sequência didática aplicada frente aos referenciais teóricos utilizados para a sua elaboração.

### ***4.1 ABORDAGEM QUALITATIVA DA PESQUISA***

Nesta pesquisa me propus a analisar a experiência didática de uma sequência didática sobre física de partículas e verificar como os estudantes se apropriam desse novo conhecimento tão peculiar proposto para a sala de aula no contexto do ensino médio. É uma postura diferenciada na minha prática docente sobre o olhar para sujeitos com diversos pontos de vistas que podem discutir sobre um assunto e trazer reflexões, escolhas, dificuldades e a busca incessante por descobertas novas que vão surgindo no decorrer da proposta.

Pelo fato de analisar variadas relações que os estudantes fazem para a construção de conhecimentos, apostei na pesquisa qualitativa como opção metodológica, juntamente com a Análise Textual Discursiva (ATD), proposta por Moraes e Galiazzi (2011). Por não se apresentar como uma abordagem rigidamente estruturada, a ATD me permite explorar e exercitar o papel investigativo nos registros feitos especificamente nos *webfólios* pelos estudantes, por meio da contínua mediação no decorrer da aplicação, levantando novos aspectos a partir da situação vivenciada. O uso da ATD não se prestou para análise do diário de docência nem para a avaliação interna da TLS, pelo fato de o objetivo de nossa pesquisa se voltar mais para a produção dos estudantes.

Dentre as características da pesquisa qualitativa, identifiquei nessa abordagem elementos essenciais que embasam minha pesquisa, como: *(i)* o ambiente natural como fonte de investigação que nos permitiu utilizar a própria sala de aula como espaço de pesquisa; *(ii)* o pesquisador com papel fundamental em todo o processo da pesquisa e com isso, o desempenho da mediação/orientação feita como um elemento ideal para o êxito da proposta; *(iii)* o caráter descritivo de análise da aplicação da sequência didática com enfoque indutivo no qual o professor-pesquisador pode interpretar a produção dos estudantes; *(iv)* a importância

estabelecida pelos estudantes sobre o tema em estudo associando à sua vida, surgindo no contexto como uma preocupação proposta pelo professor-pesquisador; e, (v) a relação espaço-tempo na aplicação da sequência didática instituída na proposta do professor-pesquisador (GODOY, 1995).

Tais procedimentos são necessários em um estudo de abordagem qualitativa e estão associados à minha pesquisa que, sobretudo, facilitam o processo de análise dos dados dentro do contexto real de sala de aula e revelam o aporte teórico que o professor terá frente a uma nova postura didática.

Fiz o procedimento de análise textual a partir da produção dos *webfólios* das equipes. Apresento adiante as unidades de significado extraídas da material empírico, os eixos de análise, bem como as categorias que emergem da unitarização e dão significado específico à análise nesta pesquisa

## **4.2 CONTEXTO DE APLICAÇÃO DA PESQUISA**

Apliquei a sequência didática em uma turma regular da série final do ensino médio de uma escola pública do município de Irituia, nordeste do estado do Pará. Trata-se de uma escola pública estadual<sup>10</sup> que atende em três turnos e conta com cerca de 1033 estudantes do 6º ao 9º ano do ensino fundamental, 141 estudantes do ensino fundamental na Educação de Jovens e Adultos e 630 estudantes do 1º ao 3º ano do ensino médio, porém o professor-pesquisador atua somente no ensino médio, na disciplina de física, em 15 turmas das 18 do nível médio.

A escola apresenta uma boa estrutura física com todas as salas climatizadas, o que é indispensável no clima quente da região, uma biblioteca com um acervo diversificado capaz de atender a necessidade dos estudantes, um laboratório de informática, um laboratório de ciências, além de diretoria, secretaria, sala de professores, quadra poliesportiva ainda não coberta, cozinha, lavabo e um espaço coberto e livre para circulação dos estudantes.

## **4.3 SUJEITOS DA PESQUISA**

A proposta de trabalhar a abordagem DBR-TLS se configura em um processo de equipe no qual muitos profissionais podem se agrupar para planejar o *design* de sequências didáticas, sua implementação, avaliação e, após esse processo, fazer o *re-design* para adaptar

---

<sup>10</sup>Os dados constantes neste parágrafo representam a realidade informada e fazem referência ao Censo Escolar 2014, publicado e oficializado pelo Ministério da Educação.

a TLS a novos contextos e necessidades. No entanto, não consegui estruturar essa equipe de profissionais entre professores da educação básica e pesquisadores do Instituto de Educação em Ciências e Matemáticas da UFPA.

Conforme mencionado, não consegui parceiros para aplicar a sequência em um primeiro momento, o que nos levou a acumular as funções de professor-pesquisador e aplicador, o que não é aconselhável pelas exigências metodológicas da TLS-DBR. Mas não se tratou propriamente de uma escolha, mas, sim, de uma condição de contorno apresentada pela realidade local que traz algumas dificuldades para realizar a pesquisa nas condições que gostaríamos.

Desse modo, o desenho da sequência didática foi feito por mim, seu orientador e co-orientador, compondo uma reduzida equipe responsável pela produção da sequência. A pesquisa bibliográfica e a concepção inicial foram elaboradas por mim e em encontros quinzenais na UFPA, etapa por etapa da sequência eram discutidas e aprimoradas durante a discussão do grupo de elaboradores, até que se desse por finalizada a versão primeira a ser aplicada.

Depois de organizada e estruturada a sequência didática, apliquei em uma turma regular da série final do ensino médio, na qual os estudantes foram informados previamente sobre a pesquisa no dia 04 de janeiro de 2016 por mim mesmo. Houve concordância com as condições da proposta e os estudantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido para que as suas produções pudessem ser analisadas nesta dissertação, mas de forma que os sujeitos não fossem identificados, visando manter a integridade e a ética na pesquisa.

Selecionei uma turma do turno vespertino que continha 33 estudantes, sendo que destes apenas 30 se propuseram a participar da pesquisa, o que representa uma boa amostragem para a aplicação da sequência. Os demais asseguraram que não gostariam de colaborar, por não terem interesse no tema, mantendo um bom quórum segui com minha pesquisa. Visando estimular a interação entre pares nas situações de aprendizagem e também para que não gerasse um volume grande de dados que poderiam dificultar a análise e o tratamento das informações pela questão de tempo e problemas de execução, sugeri à turma que montassem grupos de até cinco estudantes para que ficassem bem integrados entre si, formando equipes.

Realizei dois encontros semanais, às segundas e quintas-feiras, segunda no horário normal de aulas da turma e na quinta nas três últimas aulas vagas. No início, planejei um encontro semanal, porém a turma me avisou sobre essa disponibilidade de horário em outro dia

da semana, garantindo e se responsabilizando a construir os *webfólios* entre os demais dias, inclusive aos finais de semana, caso eu os orientasse sempre que precisassem. Dessa forma, acordamos a proposta da maioria da turma e apliquei as lições, quando solicitei a assiduidade, pontualidade e o compromisso de frequência da turma durante toda a aplicação e na elaboração do minicongresso escolar, ficando sob meu controle a regularidade de participação das equipes nas atividades propostas.

Os próprios estudantes ficaram à vontade para montar as equipes e dar um nome a elas, a fim de que não se identificassem com nomes deles quando publicassem os *webfólios* no *blog* a ser desenvolvido por eles mesmos.

A seguir, destaco trechos extraídos dos registros no diário de docência que elaborei no período da aplicação da sequência didática. Não houve gravação de vídeo ou áudio durante a aplicação da mesma, apenas o uso do diário de docência e fotos da aplicação, inclusive do minicongresso escolar, que apresento nos apêndices deste trabalho. A justificativa por terem escolhido o nome anotados em excertos do diário de docência a partir de um diálogo entre o professor-pesquisador e as equipes, descrevi a seguir:

Foram formadas seis equipes:

- 1) EQUIPE WEB PARTÍCULAS: “‘Web’ pelo fato de estar relacionado com a World Wide Web e partículas associado ao assunto em estudo.”
  - 2) EQUIPE FISILOUCOS POR PARTÍCULAS: “Combinação com física de partículas e por acharem a física uma loucura. Com isso optamos por esse nome.”
  - 3) EQUIPE ARAM PARTÍCULAS: “‘Aram’ é uma empresa que atua com educação, sustentabilidade e tecnologia e se pauta no equilíbrio entre natureza e sociedade. Daí combinamos com partículas que se refere ao tema”.
  - 4) EQUIPE PARTÍCULAS CHARMOSAS: “Pelo fato de haver concordância com a partícula ‘charm’, que nos chamou atenção quando vimos”.
  - 5) EQUIPE EINSTEINS: “Porque está mais relacionado à Física. A ciência está sempre divulgando novidades e Einstein foi um dos grandes cientistas que nos motivou a estudar.”
  - 6) EQUIPE PARTÍCULAS TOP: “Por que vimos que tem uma partícula com o nome ‘top’, com isso resolvemos colocar o nome da nossa equipe também”.
- (DIÁRIO DE DOCÊNCIA)

Esse primeiro passo foi importante para que as equipes desenvolvessem a autonomia na ação de pesquisar e buscar mais fontes para o conhecimento dos seus integrantes, o que demonstrou que estavam interessados em colaborar com a pesquisa e, sobretudo, aprender mais sobre temas que estão sendo desenvolvidos há bastante tempo na comunidade científica e, de certa forma, ainda encontra-se longe da sala de aula.

#### **4.4 INSTRUMENTOS DE PESQUISA PARA A COLETA DE DADOS**

Um dos instrumentos de registros feitos para a coleta de dados sobre a implementação da sequência didática foi o meu diário de docência, no qual estão minhas anotações, informações sobre o andamento da pesquisa, algumas observações e reflexões geradas em conversas informais com os estudantes, minha postura didática cotidiana, bem como as estratégias de ensino utilizadas.

O diário de docência é um instrumento utilizado para eu anotar as observações de regência durante a aplicação da sequência didática, bem como registrar minhas impressões e diálogos com os estudantes sobre a pesquisa, os recursos didáticos usados, o material entregue às equipes, bem como as indagações, dúvidas e respostas dos estudantes sobre determinado assunto. Similar ao diário de campo, apresenta a funcionalidade de descrever o andamento da minha ação docente e os acontecimentos da vivência com a turma, para detalhar de forma precisa a minha postura na investigação-ação sobre o processo de ensino e a aprendizagem dos estudantes.

Portanto, meu diário de docência apresenta uma síntese sobre os acontecimentos práticos que ocorreram na minha investigação-ação durante a implementação da proposta didática, para aqui analisar os fragmentos coletados para encaminhar minha dinâmica de trabalho. Não usei a metodologia da ATD pelo fato de os meus comentários servirem mais para descrever como se deu o desenvolvimento e a implementação da sequência.

Para cada lição, apropriei-me da ideia de os estudantes produzirem *webfólios* sob a minha orientação acerca do estudo de física de partículas, dentro das perspectivas dos conteúdos a serem explorados a serem postados em um blogue educativo. A partir deste blogue que fiz a coleta dos registros feitos nos *webfólios*. O blogue foi essencial para permitir uma discussão entre os estudantes e nele postarem as questões para reflexão acerca dos questionamentos presentes nas lições, porém bastante flexível de modo a aceitar novas indagações a serem propostas.

Nesse sentido, *a priori* os questionamentos foram realizados pelos estudantes categorizando o blogue como um espaço público permitindo a edição apenas pelos estudantes e por mim. Outros usuários visualizar das discussões, apenas como leitores dos conteúdos, sem poder comentá-los até a conclusão da aplicação da TLS, para que não houvesse interferência no processo.

No blogue foram postadas as respostas que os estudantes desenvolveram acerca dos questionamentos abertos propostos nas lições da TLS, a partir da construção dos *webfólios*,

porém flexíveis a novas indagações. É crucial destacar que a escolha de perguntas a serem respondidas por lição pela equipe é de responsabilidade integral dos estudantes, o que reforça o caráter de autonomia visado na proposta. Além disso, orientei os estudantes que as perguntas a comporem os *webfólios* de cada equipe não deveria necessariamente ficar restritas aquelas que estão contidas nas lições da sequência didática, podendo ir além do contido no material didático.

Para Sá-Chaves (2005), o *webfólio* é uma atividade desenvolvida sob a orientação do professor-pesquisador em parceria com grupos de estudantes a fim de ser um meio de articulação entre professor – conhecimento – estudantes mediados pela reflexão e, sobretudo, um *feedback* para aquisição do conhecimento dos estudantes sobre o estudo de física de partículas e outras discussões pertinentes.

O uso de *webfólio* é relevante e está associado ao fato de ser de fácil acesso e, sobretudo, por “permitir que os usuários publiquem seu conteúdo sem a necessidade de saber como são construídas páginas na Internet; ou seja, sem conhecimento técnico especializado”. (RODRIGUES, 2008, p.49). Utilizei o laboratório de informática e algumas vezes a biblioteca com os estudantes para uso de redes sem fio na escola, visando essa facilidade de elaboração dos *webfólios* e posterior postagem no blogue.

O uso de *webfólios* faz referência ao uso de recursos digitais na sala de aula e busca minimizar as barreiras existentes de exclusão social digital. Com isso, os estudantes puderam criar hipertextos a partir da sistematização de suas ideias e organizá-las em formatos de textos, imagens, vídeos, links e outras informações que permitiram interagir com a linguagem e letramento digital aos estudantes.

Em conformidade com a ATD, os *webfólios* representam a construção do conhecimento dos estudantes acerca de questões que consideram relevantes e aqui definimos como o *corpus* da pesquisa, que agrupa dados e informações necessárias para que possa identificar o desempenho dos estudantes conforme a minha proposta didática.

#### 4.5 ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

No primeiro contato com a turma fiz<sup>11</sup> apresentação da proposta e após o aceite da maioria em participar da pesquisa, mostrei como seria a dinâmica de trabalho e já busquei instigá-los sobre o assunto, na tentativa de envolvê-los no tema.

*Vocês sabem me dizer por que as lâmpadas dos postes acendem ao anoitecer e apagam ao amanhecer? Sabem o que é a WWW? Como funciona a tela dos celulares via a função touch screen? Para que serve um código de barras nos produtos industriais? Como a ciência e a tecnologia caminham juntas? Como surgiu o Universo? E o que foi o Big Bang? O que é um acelerador de partículas e para que serve? Como o Brasil investe em tecnologia para desvendar a estrutura mais elementar da matéria? (DIÁRIO DE DOCÊNCIA)*

Os estudantes olharam de forma curiosa para mim esperando respostas, porém não as forneci como esperavam. Então, continuei e reforcei a aplicação da pesquisa, agora relatando o nome da que intitulei à sequência didática:

*A minha proposta de pesquisa do mestrado traz uma sequência didática inovadora no contexto escolar sobre física de partículas, abordando desde a origem da WWW até as partículas elementares. Vocês já ouviram falar nesses termos em algum momento da sua vida? (DIÁRIO DE DOCÊNCIA)*

Alguns estudantes se mostravam mais entusiasmados com o assunto e alguns diziam que conhecem o termo WWW, mas, especificamente sobre partículas elementares não sabiam do que se tratava. Aproveitei e questionei:

*E o que significa WWW? Onde e por que foi criado? Qual a sua relação com a física? (DIÁRIO DE DOCÊNCIA)*

Alguns se arriscavam em dar palpites sobre o tema, mas não com clareza ou profundidade sobre as questões e muitas vezes respondiam em forma de perguntas, demonstrando incertezas sobre o assunto. Descrevi no diário de docência alguns trechos das falas de estudantes e codifiquei seus nomes, pois ainda não tinham dado o nome às equipes e ainda se pronunciavam individualmente, portanto vou chamá-los através de códigos, como seguem, para identificá-los.

*A WWW tem a ver com internet? (ESTUDANTE A)*

*Eu sei que WWW tá relacionado com internet, mas dizer o que significa nunca parei pra pensar. (ESTUDANTE B)*

---

<sup>11</sup>Para que o tempo verbal não ficasse instável em minhas análises, sempre utilizo verbo no passado, pois descrevem um relato de como tudo aconteceu na minha ação didática. Essa minha postura em assumir o tempo verbal no passado é uma observação de que assim o faço na intenção de dar maior expressividade ao texto.

Outro estudante mais se pronunciou...

*Eu penso que WWW tem a ver com informática, mas como física aí já não sei.*  
(ESTUDANTE C)

Ao perceber que a turma estava buscando compreensões para o assunto antes mesmo de entregar o texto impresso para apreciação, aproveitei o momento e dialoguei com a turma:

*Certo, pessoal! Então, parece não ser novidade esse tema pra vocês. Ou é? (os estudantes pareciam bem inquietos buscando respostas, mas sem achar solução) Vou entregar pra vocês um texto extraído da Revista Veja de 06 de agosto de 2011, intitulado “Há 20 anos, a WWW era criada” que vai servir como um referencial para iniciarmos nosso estudo. Leiam cuidadosamente e depois conversamos.*  
(DIÁRIO DE DOCÊNCIA)

Distribuí o texto impresso intitulado “Há 20 anos, a WWW era criado”, extraído de uma notícia da Revista Veja que foi adaptado, deixando o mínimo de informações possíveis para problematizar o tema. Fiz essa adaptação com a intenção de reduzir o esforço inicial dos estudantes na leitura de modo a não desestimulá-los. O texto continha um recorte da criação do sistema conhecido como WWW no laboratório de pesquisas nucleares, mais conhecido como CERN. Observei que os estudantes liam com voracidade em busca de maiores detalhes sobre o tema, porém pude notar também uma inquietação por não obterem repostas diretas do texto, o que já era esperado por mim.

Após a leitura do texto, utilizei as questões propostas no texto, visando problematizar o assunto e debater em sala de aula com a turma. Observei que a maioria apresentava muitas dúvidas sobre o assunto e me questionavam:

*Então professor, o que significa WWW? Por que ele foi criado num laboratório de física? Onde fica esse laboratório? É nos Estados Unidos? Acho que não é no Brasil...* (ESTUDANTE D)

A partir dos questionamentos, outro estudante reforça a ideia do anterior:

*Não sei o que exatamente significa WWW, mas já ouvi falar nesse laboratório numa reportagem que passou no jornal. Já ouvi falar também que lá eles têm uma máquina que pode destruir o mundo. Mas o que isso tem a ver com a física, professor?* (ESTUDANTE E)

Esse momento inicial foi abordado em aproximadamente 30 minutos de aula entre a conversa inicial, a entrega do texto escrito e a discussão dos estudantes geradas entre si e comigo, previamente planejado no “*Guia Didático*” das lições.

Não forneci nenhuma resposta pronta para os estudantes, já que a intenção do momento era problematizar o assunto de modo a motivá-los a buscar novas fontes de pesquisa e instigar sobre o tema para que argumentassem. Pude notar que os estudantes não tinham nenhum conceito ou significado formados em relação ao texto escrito, mas que de certa forma já ouviram falar principalmente através das mídias.

Diante dessa situação, solicitei às equipes que pesquisassem mais sobre o assunto e acordamos para que nos próximos encontros fossem realizados em dois momentos na semana (sempre às segundas-feiras no horário de aula de física e às quintas-feiras em um horário livre de duas aulas que a turma tinha). No primeiro momento ficou acertado que iriam utilizar o laboratório de informática, pois uma das atividades exigia o uso de conexão com a *internet*.

Uma das atividades iniciais consistiu na criação do blogue educativo para que as equipes posteassem as atividades a serem elaboradas em formato de *webfólios*. Ao iniciarmos a atividade, tivemos problemas de conexão com a internet e não pudemos dar continuidade no uso do laboratório para o desenvolvimento do blogue, tentamos refazer a conexão, porém sem sucesso.

Um dos membros de equipe se propôs a criar essa ferramenta na sua casa juntamente com seus colegas, mas para facilitar na escolha do nome deveriam criar um grupo em um aplicativo de mensagens instantâneas para que todos pudessem opinar, além disso, o mesmo se dispôs a criar um *e-mail*, pois seria necessário para cada equipe, facilitando as postagens das atividades. Todos aceitaram, inclusive para facilitar a comunicação entre todos os sujeitos envolvidos na pesquisa. Essa proposta advinda de um dos estudantes da turma indica envolvimento com o trabalho, além de uma aproximação da proposta com o "mundo" dos estudantes. Serve também de incentivo aos colegas em ver que parte essencial do trabalho é feita por um deles sem dificuldade.

No decorrer da semana o blogue foi criado pela então chamada “Equipe Einsteins” e toda a turma discutia o nome pelo aplicativo de mensagens instantâneas, sempre orientados por mim, que não sugeria nomes, apenas mediava as discussões entre os estudantes para que facilitasse a produção das atividades. Um dos estudantes da mesma equipe sugeriu o nome “**ELEMENTAIS<sup>12</sup>: os discretos físicos de partículas**” e que foi aceito por todos, pois essa definição de “elementais” estaria relacionado aos próprios estudantes por lembrar elementos

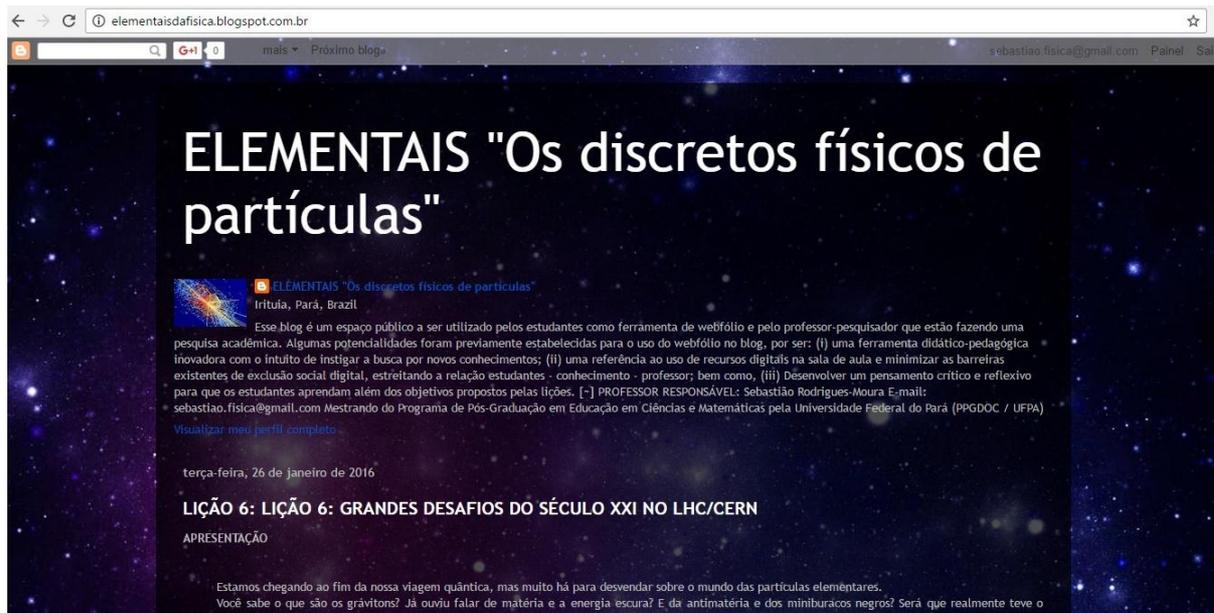
---

<sup>12</sup> O endereço do *blog* criado ficou disponível na internet por meio do link <http://elementaisdafisica.blogspot.com.br/> e com um *e-mail* a ser administrador pelo professor-pesquisador.

ou indivíduos e ao mesmo tempo ser similar ao termo de física de partículas elementares. Não houve discordância em relação a esse nome entre as equipes.

O perfil do blogue foi criado e publicado, bem como as lições foram publicadas pelo administrador para que as equipes pudessem ter acesso, conforme o *design* na Figura 4.1.

**FIGURA 4.1 – DESIGN DO BLOG CRIADO PELAS EQUIPES**



**Fonte: Elaborada pelo autor**

O blog foi uma ferramenta importante para uso em sala de aula. Apesar de algumas dificuldades operacionais, os estudantes gostaram muito dessa mudança na rotina das aulas de física e comentaram que deveria ser um processo contínuo para motivá-los em uma disciplina na maioria das vezes tão complicada.

Algumas equipes comentaram sobre o uso dessa proposta na escola...

*Gostamos muito da proposta do blog por que mostra inovação e a internet veio como uma ideia pra enriquecer a aprendizagem. Às vezes, a escola parece "moderna", mas os professores ainda se mantêm muito conservadores e precisam trazer essas inovações para a sala de aula. (EQUIPE FISILOUCOS POR PARTÍCULAS)*

*O blog foi necessário para divulgarmos nosso trabalho, porém não tínhamos habilidade com essa ferramenta tecnológica, mas como o passar do tempo fomos nos aprimorando. Tivemos problemas com a internet da escola por que não funcionava e tivemos que recorrer a nossa própria rede de internet de casa. (EQUIPE PARTÍCULAS CHARMOSAS)*

Além do uso do blog, também fizeram comentários sobre o uso dessa proposta na escola e na rede mundial para que divulgassem seus trabalhos.

*O uso do blog porque após o término das atividades outras pessoas poderão visualizar nosso projeto. Foi dificultoso por não termos acesso a internet em nossas casas para adiantarmos nossas tarefas, por isso algumas vezes nos atrasamos nas postagens. (EQUIPE ARAM PARTÍCULAS)*

*Achamos bastante razoável, pois assim conseguimos compartilhar informações e conclusões sobre as lições, com nossos colegas de classe. (EQUIPE EINSTEINS DAS PARTÍCULAS)*

Marinho (2007, p.3) aponta que “os blogs são um dos recursos de publicação mais utilizados naquilo que Tim Berners-Lee, criador da WWW, chamou da ‘Web da leitura/escrita’ [read/write Web]”, além disso se transformam em ambientes úteis e versáteis para a transmissão de informações na *internet*.

**FIGURA 4.2 – VISUALIZAÇÕES DA PÁGINA DO BLOG POR PAÍS<sup>13</sup>**

#### Visualizações de página por país



Entrada	Visualizações de página
Brasil	797
Índia	14
Estados Unidos	11
Romênia	5
Itália	3
Moçambique	3
Portugal	2
Emirados Árabes Unidos	1
Japão	1
Marrocos	1

**Fonte: Elaborada pelo autor**

Para a surpresa de todos da turma, até o momento o *blog* teve 838 visualizações de, até mesmo, outros países como a Índia, Estados Unidos, Romênia, Itália, Moçambique,

<sup>13</sup>Esses dados de visualizações correspondem ao período compreendido entre a publicação do *blog* (04 de janeiro de 2016) até o dia 02 de dezembro do mesmo ano.

Romênia, Portugal, Emirados Árabes Unidos, Japão e Marrocos como mostra a Figura 5.4. Não tivemos controle sobre os usuários que visualizaram a página, porém isso foi motivador para os estudantes, que se mostraram satisfeitos com os trabalhos deles.

Os *webfólios* produzidos por cada equipe nas lições apresentadas geraram um grande volume de dados e a partir de agora apresento fragmentos extraídos dessa produção e análise por meio do procedimento metodológico da Análise Textual Discursiva com vistas à ACT.

#### **4.6 ANÁLISE DA PRODUÇÃO DOS WEBFÓLIOS**

A educação em ciências vem se apropriando de métodos procedimentais de análise textual como um processo qualitativo de pesquisa e nesse viés a proposta de Moraes e Galiazzi (2011) sobre a Análise Textual Discursiva (ATD) se encaixa com muita precisão à análise dos *webfólios* elaborados pelos estudantes a partir do empenho dos mesmos numa perspectiva de ensino de ciências que promova a ACT. Não usei a técnica da ATD para o diário de docência, que foi um instrumento que se aproximou mais de descrição da minha prática e acerca do desenvolvimento da aplicação da sequência, porém fiz análise apenas da construção dos conhecimentos dos estudantes registradas nos *webfólios*.

Analisei os *webfólios* seguindo as orientações da ATD e de forma coerente com a abordagem DBR-TLS acerca das produções dos estudantes, a fim de interligar o processo de descoberta e construção de elementos significativos do enfoque em ACT, por meio dos dados obtidos e as informações presentes nestes instrumentos para correlacionar com outros fenômenos e discursos de uma aprendizagem consistente com as tendências atuais de ensino de ciências (BRITO; GOMES, 2007)

Segundo Moraes e Galiazzi (2011), essa correlação de significados é específica de cada pesquisador e sua vivência e experiência é uma marca relevante para analisar as produções dos sujeitos de pesquisa. A minha experiência como professor-pesquisador para a leitura dos *webfólios* e a posterior interpretação sobre a construção do conhecimento dos estudantes são importantes para fazer a análise das reflexões para apresentar em forma de descrições, argumentações, relação com outros fenômenos científicos e discorrer sobre postura crítica, habilidades e valores frente a questionamentos que as equipes se propuseram.

Para análise dos resultados, conforme propõe a ATD, estruturei a minha investigação-ação em algumas etapas, de modo a contemplar o *corpus* da pesquisa e a partir de agora análise por meio da Análise Textual Discursiva, conforme propõe Moraes e Galiazzi (2011). Em uma leitura exaustiva na busca de encontrar elementos comuns nos *webfólios*, a primeira missão foi ler atentamente as redações produzidas pelas equipes, a fim de evitar

problemas comuns como erros ortográficos e dados de fontes de pesquisas não confiáveis. Ao final da aplicação da pesquisa na turma, analisei os dados das equipes, fazendo esse procedimento em cinco fases seguindo a metodologia referenciada:

- 1) Releitura dos *webfólios*;
- 2) Desconstrução dos textos para fragmentá-los;
- 3) Registro das unidades de análise;
- 4) Categorização das unidades de análise; e,
- 5) Argumentação das análises estabelecidas nos *webfólios*.

Analisei a seguir os dados referentes às questões da primeira lição da sequência didática.

As leituras nos *webfólios* me levou a verificar algumas palavras comuns nos textos desenvolvidos pelos estudantes e com isso facilitou a desconstrução desses textos, dos quais extraímos as questões mais recorrentes por lição (Quadro 4.1) para assim poder atribuir mais sentido à análise e relacionar às categorias que surgem a partir da produção do conhecimento dos estudantes.

**QUADRO 4.1 – QUESTÕES MAIS RECORRENTES POR LIÇÃO**

EQUIPES	LIÇÕES				
	L1	L2	L3	L4	L5
<i>Aram Partículas</i>	Q2	Q1	Q2	Q3	Q2
<i>Einsteins das Partículas</i>	Q1	Q6	Q4	Q4	Q5
<i>Fisiloucos por Partículas</i>	Q1	Q3	Q6	Q4	Q3
<i>Partículas Charmosas</i>	Q2	Q2	Q6	-	-
<i>Web Partículas</i>	Q1	Q3	Q1	Q1	Q3
<i>Partículas Top</i>	Q1	-	-	-	-

**Fonte: Elaborada pelo autor**

Diante dessa situação, desenvolvi cinco eixos de análise, os quais emergem como grandes categorias de análise dos *webfólios* a partir das questões escolhidas pelas equipes e que foram identificadas com maior recorrência por lição, a fim de compactar o volume de dados e não dificultar o tratamento pelo professor-pesquisador. De cada eixo de análise, pude

encontrar os elementos com características da ACT que coadunam com o nosso objetivo de pesquisa.

A partir do Quadro 4.1, que apresenta as questões mais recorrentes identificadas nos *webfólios* em cada lição, pudemos estabelecer relações de pesquisas com as quais emergiram os eixos analíticos e pudemos identificar os elementos da ACT, discorrendo sobre cada um, como segue o Quadro 4.2.

**QUADRO 4.2 – EIXOS DE ANÁLISE E CATEGORIAS DESENVOLVIDAS A PARTIR DOS WEBFÓLIOS**

CONFIGURAÇÃO DAS QUESTÕES	EIXOS DE ANÁLISE	ELEMENTOS DA ACT
Q1L1	A <i>World Wide Web</i> e a <i>internet</i> são aplicações tecnológicas distintas	a) Aspectos técnico-científicos b) Aspectos etimológicos
Q3L2	As “verdades absolutas” da ciência	a) Aspectos históricos b) Aspectos epistemológicos
Q6L3	Todo investimento financeiro nas pesquisas científicas é necessário para toda a sociedade	a) Aspectos tecnológico-sociais b) Aspectos financeiros c) Aspectos científico-tecnológicos
Q4L4	O Brasil e os interesses no entorno do CERN/LHC	a) Aspectos político-econômicos
Q3L5	Investimentos, novas partículas e os desafios das descobertas científicas	a) Aspectos sociais b) Aspectos midiáticos

**Fonte: Elaborada pelo autor**

A esta altura da análise, identifiquei elementos com características peculiares e com potenciais aspectos da ACT. Também, assumi que esses potenciais elementos são acolhidos como categorias de análise, internas a cada eixo, por terem emergido do referencial de ACT integrado ao material empírico, como admite a ATD. A partir de cada eixo de análise expostos no Quadro 4.2, pude discorrer sobre a produção dos estudantes:

## **I) A WORLD WIDE WEB E A INTERNET SÃO APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS COM ORIGEM E FUNCIONALIDADE DISTINTAS**

Apesar de serem termos muito comuns na sociedade, as tecnologias da *World Wide Web* e da *internet* causam ainda uma série de confusões relacionadas à sua origem e funcionalidade. Pude notar que os próprios estudantes tinham essas dúvidas entre os termos que, apesar de estarem relacionados, não representam a mesma ferramenta. Desse eixo analítico extraímos duas categorias sobre as quais discorro a seguir:

### **a) Aspectos técnico-científicos**

Seguem alguns trechos dos *webfólios* produzidos pelos estudantes, nos quais apresentam a diferença entre a *World Wide Web* e a *internet*, já que as duas são comumente confundidas. Alguns trechos foram omitidos entre colchetes, pois achei conveniente trazer todo o texto criado pelos estudantes, destacando em negrito as informações mais comentadas pelas equipes em sala de aula, conforme o objetivo previsto pela lição.

*Em nossas análises, constatamos que tudo começa com o surgimento da internet durante a Guerra Fria, porque os militares americanos sentiram a necessidade de fazer trocas de informações seguras entre as bases; assim como ocorreu na criação da WWW (World Wide Web) no laboratório de física do CERN, já que este foi criado com o objetivo de compartilhar dados científicos entre máquinas. (EQUIPE EINSTEINS DAS PARTÍCULAS, 2016, grifos nossos)*

Notei na produção dos estudantes que já existe um consenso entre essas ferramentas tecnológicas, conforme a sua origem e finalidade, como nos assegura Dumas (2014), enfatizando que apesar de as pessoas acharem a *internet* uma ferramenta tão normal nos dias atuais, apesar de poucos conhecerem as razões de sua origem e finalidades; o mesmo acontece com a *World Wide Web*, que enriqueceu a primeira ao ser desenvolvido. Outra equipe sentiu-se despertada a tratar o tema de forma mais clara, mas lidando com as informações de modo bastante similar a anterior.

*De acordo com nossas pesquisas, pudemos observar que a rede mundial de computadores, ou internet, surgiu em plena Guerra Fria criado com objetivos militares, seria uma das formas das forças armadas norte-americanas de manter as comunicações em caso de ataques inimigos que destruíssem os meios convencionais de telecomunicações [...]. Já a World Wide Web foi criado com o objetivo de permitir acesso à internet de forma mais prática, com uma expansão bastante útil para os físicos, pois seu criador, Berners-Lee, na época procurava meios para solucionar o problema de perdas de dados de pesquisas feitas no laboratório de CERN. (EQUIPE PARTÍCULAS CHARMOSAS, 2016, grifos nossos)*

Apesar de mudarem a ordem lógica do texto, as equipes trouxeram informações bem precisas, principalmente pelo fato de usarem fontes de pesquisas confiáveis na *internet* e sempre acompanhadas pelo professor-pesquisador para evitar *sites* que fornecessem dados imprecisos e que não pudessem conferir com o conhecimento científico.

*A partir de leituras e pesquisas que realizamos, pudemos observar que a internet surgiu no auge da Guerra Fria para facilitar o meio informacional entre os militares [...] enquanto a WWW (World Wide Web), também conhecida simplesmente como web é um sistema que armazena dados executados através da internet. [...]. (EQUIPE WEB PARTÍCULAS, 2016, grifos nossos)*

Observei que algumas equipes justificavam a escolha do assunto pelo fato de ficarem curiosas em relação ao tema e mostrar para as demais essa distinção existente. Fonseca-Filho (2007) afirma que a *internet* foi a área da computação que mais evoluiu na comunicação de dados e se espalhou muito rápido, sendo bastante popular. Já a *World Wide Web* foi desenvolvido por Berners-Lee como um modelo inicial, que usa suas outras criações como as *URLs*, o *HTML*, e o *HTTP*.

*Observamos que a origem da WWW (World Wide Web) foi na Europa, em um laboratório de ciências pelo físico Tim Berners-Lee com o objetivo de compartilhar informações de ciência básica [...]. Já a internet foi desenvolvida pelos militares norte-americanos para manter as comunicações em caso de ataque. [...]. (EQUIPE PARTÍCULAS TOP, 2016, grifos nossos)*

As equipes compreenderam a distinção entre a *internet* e a *World Wide Web* relacionando sua origem e funcionalidade de forma clara. Paoliello e Furtado (2004) comentam que a *WWW* se expandiu muito na sociedade quando associada ao uso de hipertextos e que a evolução dos meios de telecomunicações influenciou diretamente na propagação da *internet*.

O próprio Berners-Lee (2001) define a *World Wide Web*, *Web* ou *WWW* como um espaço abstrato povoado por páginas, nas quais estão interconectadas de texto, vídeos, imagens e animações com os quais todos podem interagir e relata que é comum as pessoas ainda fazerem confusão na diferença desses termos, uma vez que a *World Wide Web* é esse universo imaginário e a *internet* onde se encontram os computadores e acrescenta que a *WWW* que poderia ser um espaço mais criativo, mas apesar de grandes problemas se mostra muito feliz pela “incrível riqueza de material existente na *Web* e na diversidade de formas em que ele está sendo usado” (tradução minha)<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> Mais informações sobre o assunto estão disponíveis na página de Tim Berners-Lee no site da W3C (<https://www.w3.org/People/Berners-Lee/>). Versão em inglês.

Identifiquei, nesse aspecto, que as equipes se posicionaram sobre os principais conceitos das tecnologias a envolver uma diferença entre a *WWW* e a *internet*, trazendo definições sobre cada uma, hipóteses e teorias sobre a sua aplicabilidade, o que me deixou impressionado na minha postura de professor, pois muitas vezes não conduzimos os estudantes a esse processo de entender seu meio social, conforme as necessidades atuais da busca pelo saber.

Trato, portanto, de um elemento da ACT em que os estudantes sabem distinguir e conhecem a diferença entre um resultado científico e o que as pessoas propriamente dizem em sociedade, como nos aponta Fourez (1994) que tece valiosos argumentos sobre a apropriação da aprendizagem na promoção de uma cultura científica e técnica.

## **b) Aspectos etimológicos**

Uma equipe foi além da discussão técnico-científica, trazendo outros conceitos e definições por considerarem o tema interessante com potencialidade para permitir uma discussão sobre o assunto, além de desencadear as dúvidas que muito intrigava.

*Pudemos observar que a origem da WWW (World Wide Web) começa no ano de 1989 na Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear, mais conhecida como CERN, a partir da ideia de um físico britânico chamado Tim Berners-Lee, o qual propôs um projeto para a gestão de informações [...] e melhorar a execução das atividades. Já a Internet é uma rede mundial de computadores especiais conectando milhões de dispositivos de computação, que surgiu a partir de pesquisas militares no auge da Guerra Fria, na década de 1960 (mais exatamente no ano de 1969), a qual foi criada com fins militares pelos Estados Unidos para deixar suas informações acessíveis a todas as bases do exército americano [...]. Além disso, observamos que é comum as pessoas não atentarem à diferença entre internet e Internet (com “i” minúsculo e maiúsculo), também confundindo WWW (ou Web) com Internet. Primeiro, destacamos que a Internet, com o “i” maiúsculo, representa a rede global e pública, ou seja, o conjunto de todas as redes, já a internet, com “i” minúsculo, representa o conjunto de redes de computadores interligadas, tais como redes particulares. (EQUIPE FISILUCOS POR PARTICULAS, 2016, grifos nossos)*

Essa equipe trouxe à tona uma discussão interessante para melhor entendimento do assunto sobre os referenciais a partir de um levantamento independente feita em suas pesquisas e tratavam a diferença entre os termos “*internet*” grafados com “i” maiúsculo e minúsculo, fazendo uma analogia entre a “*Internet*” como se fosse um *Shopping Center* e a “*internet*” como as várias lojas que compõem o *Shopping*. A turma achou muito interessante essa informação e pude observar que as demais equipes não observaram essa distinção. Os trechos grifados nos registros dos *webfólios* produzidos pelas equipes nos mostra que os

estudantes conseguiram distinguir a origem da *WWW* com a da *internet*, bem como sua finalidade.

Há muitas dúvidas sobre esse termo ainda. De acordo com a Rádio Câmara<sup>15</sup> (2011) da Câmara dos Deputados esse fato se dá por que o termo *Internet* com “i” maiúsculo está relacionado a uma redução das palavras “*International Network*” que significa “Rede Internacional de Computadores” e por ser uma sigla pronunciável a regra gramatical dá preferência para iniciar com letra maiúscula e as demais serão minúsculas.

É notável a busca por informações mais precisas que a equipe anteriormente citada trouxe. Como afirmam Nogueira e Ulbricht (2008), as sociedades ditas “modernas” estão passando por uma era de transformações decorrentes do uso de diversas tecnologias de informação e comunicação, nas quais as pessoas estão conectadas à *internet* a todo momento fazendo as mais diversas atividades e compartilhando informações com os locais mais remotos do mundo.

Para esses autores, “a internet hoje representa um dos mais bem sucedidos exemplos dos benefícios da manutenção do investimento e do compromisso com a pesquisa para o desenvolvimento da informação” (p.3) e a *WWW* representa uma parte importante da *internet*, constituído por recursos hipermidiáticos ligados entre si que podem ser visualizados e executados na própria *internet*, dando ampla liberdade às pessoas que podem usar ferramentas sem autorização prévia.

Embora apenas uma equipe tenha ido além, suscitando a categoria etimológica, vale a pena acatar essa categoria para evidenciar o potencial que a sequência didática apresentou em estimular a busca independente por conhecimentos adicionais. Esse incentivo à autonomia é também propósito da ACT.

Mais que isso, Fourez (1994) destaca que a ACT não é propriamente uma série de conhecimentos a serem acumulados pelas pessoas, mas uma apreciação sobre o conhecimento cinetífico e o sentido instrumental das tecnologias advindas da investigação prática de um fenômeno. Nesse sentido, entender a diferença etimológica entre as mais variadas tecnologias garante o estímulo intelectual que elas suscitam, implicando em uma visão crítica e humanista da forma como essas tecnologias moldam o meio social que estamos inseridos.

---

<sup>15</sup>Áudio disponível no sítio <<http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/radio/materias/PORTUGUES-NO-DIA-A-DIA/395972-INTERNET-COM-INICIAL-MAIUSCULA-OU-MINUSCULA.html>>, de 20 de abril de 2011.

## II) AS “VERDADES ABSOLUTAS” NA CIÊNCIA

Identifiquei nas reflexões produzidas pelos estudantes nos *webfólios* uma tendência de análise muito consistente quando se fala em progresso científico, pois segundo alguns destes o que hoje é pregado pela ciência como “verdade absoluta”, amanhã pode ser refutado e novas leis e teorias ocupam o espaço daqueles para explicar novos fenômenos, muitas vezes com maior detalhamento. Muito conhecimento científico é produzido por cientistas teóricos e experimentais, sobretudo para explicar fenômenos do nosso cotidiano, que de certa forma são importantes para entendermos como a própria ciência se estrutura e se consolida.

Desse segundo eixo analítico identifiquei duas categorias das quais os estudantes conseguiram refletir sobre essa discussão, como mostram alguns registros que seguem.

### a) Aspectos históricos

As equipes conseguiram trazer em suas produções um pouco de história da ciência para relacionar às suas reflexões, visando dar um tratamento maior sobre o motivo de aceitação ou não das pessoas sobre as teorias científicas.

*Desde o princípio da ciência encontramos relatos de não aceitação das explicações e métodos científicos, isso é normal, afinal, vivemos em sociedade e nem sempre concordamos facilmente. Um exemplo é o heliocentrismo, que foi questionado e abominado por aqueles que acreditavam que a Terra era o centro do Universo. A história se repetiu quando começaram os primeiros estudos e teorias sobre o átomo. Acontece que a ciência vem mudando a forma de pensar da humanidade há muito tempo. (EQUIPE EINSTEINS DAS PARTÍCULAS, 2016, grifos nossos)*

De fato, os estudantes trazem consigo uma bagagem de informações bem estruturadas sobre a aceitação da ciência pela sociedade, principalmente pela análise dos modelos mencionados pela equipe. Cabe discutir, o heliocentrismo e as teorias atômicas, que deram uma verdadeira reviravolta na sociedade, passaram por situações de testes constantes até uma maior aceitação sobre essas verdades pelas pessoas. Não foi e nem será uma tarefa fácil para os cientistas que buscam explicar os fenômenos naturais e, posteriormente, convencer as pessoas de que seus modelos explicativos estão corretos.

Nesse âmbito, Prestes e Caldeira (2009) citam os trabalhos de Michael Matheus (1994)<sup>16</sup> que trata da importância de se levar a história da ciência para promover a educação científica em sala de aula, principalmente pelo fato de promover e melhorar a compreensão

---

<sup>16</sup>MATTHEWS, Michael R. **Science teaching: the role of history and philosophy of science**. New York: Routledge, 1994.

dos conceitos científicos dos estudantes, visando interligar o pensamento humano com as ideias científicas, além de facilitar a compreensão da natureza da ciência e torná-la menos abstrata e mais interessante para os estudantes.

E ao se tratar dessas “verdades absolutas” para a ciência, tem-se uma discussão interessante que compete a mim destacar como esses termos instigaram os estudantes a saber e a refletir a respeito dos mesmos sobre o que tem por trás dessas “verdades” na comunidade científica.

*Diante de nossas pesquisas, observamos que **teorias não são fatos científicos, mas ideias aceitas por alguns cientistas**. Estas, às vezes já passadas como “**verdades absolutas**”, **mas não são! São verdades pessoais** que com o tempo e descobertas de outros fatos científicos se tornam “pura tolice” ou, às vezes, comprovadas como verdade absoluta, **até indagarem novas proposições**. Como sabemos não existe uma “verdade absoluta”! Além disso, ao contrário do que muitos pensam, ciência nenhuma é “estática”, todos os dias se descobrem coisas novas em todas as áreas, inclusive informações que contradizem o que já tinha sido dito e o que era considerado verdadeiro e definitivo. **As verdades da ciência persistem por um tempo, até que novos conceitos de informações sejam implantados**. (EQUIPE ARAM PARTÍCULAS, 2016, grifos nossos)*

Os termos assinalados trazem uma opinião muito pessoal sobre o que os estudantes refletiram sobre as “verdades absolutas” na ciência. De fato, a equipe supracitada posicionou-se sobre o que alguns cientistas acreditam ser verídicos, porém todo o processo de descobertas e explicação de novos fenômenos são testados várias vezes para que sejam confirmados, mas tudo iniciou com as impressões pessoais de um ser humano como todos os outros, apesar de ter muita imaginação e ideias que podem explicar as hipóteses de todo o Universo. A princípio as equipes indagaram-se sobre essas “verdades absolutas” na e para a ciência e por que elas não são tidas como absolutas, e em seus relatos demonstram que é possível obter outros resultados como novos estudos e pesquisas, surgindo novos métodos para contestar ou apresentar outras verdades a respeito de teorias e o que tem por trás dessas verdades, muitas vezes são “não absolutas”.

Diante do contexto da ACT, percebo excertos implícitos sobre a relação que as equipes fazem com produção da ciência e da tecnologia ao longo da história e Fourez (1994) afirma a necessidade de conhecer os aspectos históricos como processo de construção da própria humanidade, tornando uma habilidade do estudante essa compreensão para se fazer alfabetizado cientificamente.

## b) Aspectos epistemológicos

Outra equipe se questiona sobre a importância das “verdades absolutas” e os domínios da ciência, posicionando-se acerca do assunto.

*Mas o que é a “verdade absoluta”? Eis uma questão que inquietou nossa equipe! Talvez seja assunto para a filosofia ou para a religião, mas está definitivamente fora dos domínios da ciência. Assuntos científicos são relacionados a fatos observáveis, fortalecer-se por evidência, o método científico se ampara em fatos observáveis e tais fatos estão ligados a nossa capacidade ou a nossa curiosidade em compreendê-los. Possamos assim exemplificar essa afirmação com o modelo padrão das partículas elementares. (EQUIPE WEB PARTÍCULAS, 2016, grifos nossos)*

Os estudantes se antecipam ao fazer referências a uma verdade tida como absoluta que é o modelo padrão das partículas elementares, apesar de ainda não ter tratado especificamente sobre o assunto. Aproveitando a oportunidade relatei que este modelo é uma das teorias mais bem aceitas para explicar a estrutura da matéria, inclusive a própria origem do Universo, mas que até mesmo os cientistas ainda não aceitam como uma “verdade absoluta”, pois muito ainda há para ser feito e descoberto, no entanto, representa um grande salto da comunidade científica ao propor a explicação dos fenômenos relativos à matéria e ao universo.

Chinelli, Ferreira e Aguiar (2010) apontam que a educação científica passa por situações de conflito pelo fato de os estudantes considerarem a ciência fria e metódica, que não atendem seus anseios pessoais, o que é agravado pelo fato de muitas vezes um professor não estar preparado para tratar em sala de aula os aspectos epistemológicos da ciência. Ainda assim, os autores apostam em um currículo mais inovador acrescentando esses aspectos na educação, assim como a história da ciência, por permitirem ao indivíduo conhecer o atual modelo da construção do conhecimento e sua imposição social na formação do cidadão.

Entendo que, neste exemplo, se observa a possibilidade despertada pela TLS para a discussão sobre a natureza do conhecimento, a epistemologia. Tal discussão em procedimentos tradicionais de ensino dificilmente afloram no nível médio, principalmente sob iniciativa de estudantes. Assim, evidencia-se o potencial indutor de autonomia e de discussão qualificada contido na sequência didática.

Diante dos resultados dos aspectos epistemológicos da ciência identificados nos *webfólios*, Fourez (1994) confirma a necessidade tanto de conhecer a origem da produção científica como as tecnologias, com a finalidade de compreensão de uma ciência provisória e sujeita a mudanças no decorrer da história, haja vista que uma situação-problema e

informações estão sujeitas a alterações dependendo do acúmulo de novos estudos e pesquisas, bem como de interações sociais e históricas.

### **III) TODO INVESTIMENTO FINANCEIRO NAS PESQUISAS CIENTÍFICAS É NECESSÁRIO PARA TODA A SOCIEDADE.**

Desenvolvi esse eixo analítico pelo fato de os estudantes trazerem reflexões muito pertinentes sobre as aquisições bilionárias geridas pelo CERN e destinados à própria ciência para a busca de respostas sobre os fenômenos do cotidiano da sociedade.

De fato, muitas pessoas não apoiam investir tanto no CERN por acharem que esse laboratório de pesquisas está mais interessado em desvendar a estrutura da matéria e explicar a origem do Universo, porém muito se enganam. No terceiro eixo analítico trago duas categorias que discorro como seguem:

#### **a) Aspectos tecnológico-sociais**

Os estudantes entenderam que todo esse investimento é necessário e traz diversos benefícios sociais, principalmente ao se falar do desenvolvimento de novas tecnologias.

*Como sabemos, a tecnologia é hoje a parte inerente da vida do ser humano do modo que não conseguimos nos ver separado dela, que pode ser aplicada em outras áreas como na medicina, na educação, na exploração do pré-sal aqui no Brasil e em grandes revoluções que é o caso da criação da WWW. O objetivo dos projetos do CERN é vencer as barreiras que surgem durante os experimentos físicos. (EQUIPE WEB PARTÍCULAS, 2016, grifos nossos)*

A equipe supracitada discute ainda que se deve investir mais em ciência para produzir tecnologias que venham a beneficiar a sociedade em vários setores, enfatizam aplicações como na medicina, na educação e em campos petrolíferos que estão ligados a área econômica do país e principalmente retomam a revolução que foi gerada após a criação da WWW. Além disso, não se pode prever que as tecnologias desenvolvidas podem trazer danos para a sociedade, como poderíamos pensar no mundo sem que os cientistas não buscassem revolucionar a tecnologia, sem pensar no que poderia vir a acontecer (PINHEIRO, SILVEIRA e BAZZO, 2009).

Colombo e Bazzo (2001) relatam que a educação tecnológica deve estar presente na vida do ser humano e não divorciada da sala de aula para que os estudantes possam ser capazes de entender que os benefícios que a tecnologia produzida pelos cientistas são aplicáveis ao meio social, nos mais diversos setores, levando os estudantes a refletir sobre seu

papel e suas implicações para a humanidade, não para criar uma nova cultura, mas para saber intervir sobre a mesma.

Apesar de as próprias equipes discutirem na sala sobre os benefícios e/ou malefícios que esse investimento pode trazer para a sociedade, a maioria se posiciona sempre sobre o ganho que as pessoas terão em diversos setores, como se vê pela reflexão da equipe a seguir.

*Todo esse investimento é necessário, pois todo esse investimento tecnológico está ajudando futuros trabalhos e desenvolvendo altas tecnologias que poderá ajudar na área da saúde, assim como também avançando cada vez mais os estudos físicos em busca da maneira ideal para compreender fenômeno da natureza e, até mesmo, tratar vários tipos de doenças como o câncer, por exemplo. (EQUIPE PARTÍCULAS CHARMOSAS, 2016, grifos nossos)*

A equipe confirma durante as discussões em sala que de início estava com um pouco de dúvida e receosa sobre o tema, mas por meio de suas pesquisas puderam analisar que realmente o CERN trata-se de um projeto no qual já houve muito investimento, porém trará benefícios sociais como já estão fazendo na produção de aparelhos capazes de ajudar a tratar o câncer ajudando toda a humanidade.

Essas reflexões mostram que os estudantes compreendem bem que a sociedade impõe domínio sobre os produtos científicos e tecnológicos, bem como estes refletem o meio social no qual estão inseridos, reconhecendo seu papel e sua representação para o progresso do bem-estar da humanidade ao longo da história. Dentro da proposta da ACT, Fourez (1994) defende o espírito crítico dos estudantes sobre a ciência e tecnologia e o reconhecimento do seu uso racional para o benefício das pessoas.

## **b) Aspectos financeiros**

Um fato importante é que investir financeiramente em ciência é investir em benefícios para a humanidade, mesmo sabendo que juntamente aos benefícios, problemas podem surgir. Além disso, é necessário ter em mente que investir em ciência não significa apenas pensar em escrever mais publicações, textos, livros, mas pensar também no retorno social que vai cumular para o bem-estar social.

Ao se falar sobre informações do Grande Colisor de Hádrons, uma equipe trouxe algumas reflexões sobre o investimento realizado no maior acelerador de partículas do mundo.

*Essa informação é de extrema importância, pois comprova que todo investimento de 10 bilhões de dólares no acelerador de partículas LHC (Large Hadron Collider) não foram em vão. Todo investimento financeiro nas pesquisas pode trazer outros resultados do que apenas respostas para questões do Universo,*

*podem trazer soluções para problemas cotidianos beneficiando toda a sociedade. Embora não fosse o principal objetivo de sua criação, o LHC mostra que pode ajudar e muito a humanidade em mais de um aspecto, seja ele físico, químico ou biológico.* (EQUIPE FISILOCOS POR PARTÍCULAS, 2016, grifos nossos)

A equipe se posicionou sobre o assunto para relacionar à física, pois muitos pensam que esta ciência só serve para encher livros com “*fórmulas sem significado*”, mas que podem atribuir valores e contribuições que vão além do simples conhecimento e influencia muito nas nossas vidas, em diversas áreas e enfatizaram a medicina, como alguns aceleradores de partículas que foram desenvolvidos para tratar o câncer.

Para acompanhar o desenvolvimento científico e tecnológico de um país é necessário um expressivo investimento financeiro em pesquisas científicas, tal como já se faz no LHC/CERN, investindo em educação, ciência e tecnologia para formar recursos humanos especializados que possam dar um retorno para a sociedade (WERTHEIN e CUNHA, 2009). Como nos informa Marco Antonio Raupp, presidente da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, em texto para discussão<sup>17</sup> de uma Sessão Plenária que o Brasil já sabe investir financeiramente em ciência básica, mas falta transformar o conhecimento científico aqui no Brasil em riqueza, ampliando o sistema de produção do saber científico.

Outra equipe situa sua reflexão em relação às críticas que muitas pessoas fazem em relação aos bilionários investimentos feitos pelos países nos aceleradores de partículas.

*É comum se ouvir críticas quanto ao alto custo da pesquisa científica. Isto sempre vem de quem não tem ideia do retorno que a ciência traz para a nação que investe, muito embora todos reconheçam os enormes benefícios que ela traz para a humanidade. Entrar para participar do LHC/CERN com US\$10 milhões é um privilégio que jamais conseguiríamos se tivéssemos que investir o valor real de tão grandiosa envergadura. “Por que investir em Física de Altas Energias? E o que esse empreendimento poderá nos trazer?” Respondemos a essas duas questões. O CERN já “gastou” ao longo de sua história mais de uma dezena de bilhões de dólares – e, em função da necessidade de comunicação entre os cientistas, surgiu como subproduto nada menos que a WWW – Perguntamos: quantos trilhões de dólares a WWW (World Wide Web) já gerou para a humanidade? Adiciono mais um ponto nesse “progresso indireto”: No momento o CERN utiliza o GRID para realizar computação Inter distribuída.* (EQUIPE EINSTEINS DAS PARTÍCULAS, 2016, grifos nossos)

A própria equipe posiciona-se em relação às críticas que muitas pessoas fazem em relação aos bilionários investimentos feitos pelos países nos aceleradores de partículas. Ao

---

<sup>17</sup> Documento da Sessão Plenária 3: Ciência Básica / Produção do conhecimento: um desafio para o Brasil. Disponível no sítio <ftp://ftp.mct.gov.br/Biblioteca/30998-Sessao\_plenaria\_3\_Producao\_conhecimento.pdf>. Acesso em 10 de fevereiro de 2016.

mesmo tempo que discorre sobre essas críticas, traz reflexões do quanto de benefícios já foram dados como retorno para a humanidade, como a criação da WWW.

Fourez (1994) ressalta que é necessária a produção de saberes científicos para o desenvolvimento de tecnologias que garantam estruturas sociais à humanidade. Entendo, assim, a necessidade de investir em ciência básica, assim como os estudante tomam essa postura ao relacionar os investimentos no CERN/LHC, apresentando suficientes argumentos sobre o valor da pesquisa científica para o desenvolvimento tecnológico.

### c) Aspectos científico-tecnológicos<sup>18</sup>

Outra equipe achou interessante destacar o papel da ciência e da tecnologia para a humanidade pelo fato de proporcionar explicação para os fenômenos a sua volta.

Como sabemos **desde o princípio o homem busca meios para descobrir sua origem e, por isso, a tecnologia foi essencial para dar os primeiros passos.** Acreditamos que **se não existisse a ciência e a tecnologia a nosso favor muitas perguntas ainda não estariam respondidas**, mas graças aos grandes investimentos econômicos que a ciência tem feito em pesquisas, **contribuiu de forma significativa para áreas da saúde, da economia e lazer** e hoje podemos compreender a existência de muitas coisas. (EQUIPE ARAM PARTÍCULAS, 2016, grifos nossos)

De fato, trabalhar o papel da ciência e da tecnologia em sala de aula é uma ação pedagógica eficaz para a produção conhecimento dos estudantes, pois potencializa as habilidades e competências necessárias para a produção de conhecimento e é capaz de promover a integração social, o desenvolvimento para a cidadania e possibilita maior envolvimento dos estudantes diante do processo de aprendizagem (NASCIMENTO, SILVA e CAVALCANTE, 2005; SOUZA e MARTINS, 2011).

A alfabetização científica dos estudantes é evidenciada por mostrar um posicionamento mais compreensivo sobre o papel das produções tecnológicas e o papel da ciência ao longo da história da humanidade e que, de certa forma, contribuiu e contribui para muitas áreas sociais. Nesse sentido, Fourez (1994; 1995) aborda que os estudantes devem possuir uma visão mais ampla e enxergar as teorias científicas como uma construção humana, capaz de atender os anseios que se refletem na sociedade.

---

<sup>18</sup>Esses aspectos se diferem dos tecnológico-científicos, pois usei a primeira palavra para dar mais ênfase sobre a segunda: aspectos tecnico-científicos apresentam mais peculiarmente a técnica/tecnologia produzida a partir dos conhecimentos científicos, já os aspectos científico-tecnológicos enfatizam o papel da ciência e da tecnologia e suas implicações sociais.

#### IV) O BRASIL E OS INTERESSES NO ENTORNO DO CERN/LHC

Não só o Brasil, como muitos países participam dos diversos investimentos geridos no entorno do maior acelerador de partículas do mundo: o LHC. Mas isso não representa apenas interesses em produzir conhecimento científico no CERN, pelo fato de haver em vários outros locais do mundo aceleradores de partículas em menor escala, com representatividade menor, contudo desenvolvendo grandes feitos na ciência e na produção de tecnologias.

Conseguimos identificar nesse eixo de análise uma categoria.

##### a) Aspectos político-econômicos

As equipes também discutiram o motivo de tantos investimentos dos países em ciência básica no CERN/LHC, trazendo reflexões em seus *webfólios*.

Com isso, trouxeram uma reflexão da participação do Brasil nesse investimento.

*Há três anos, diplomatas brasileiros mediaram a assinatura de uma carta de intenções entre o Ministério da Ciência e Tecnologia e o CERN. O CERN convocou seu conselho e autorizou a entrada do Brasil, a um custo anual de US\$ 10 milhões. O evento foi comemorado como o primeiro passo para o ingresso do País no centro. Mas, desde então, nada ocorreu. O então ministro da Ciência, Aloizio Mercadante, visitou Genebra e prometeu acelerar o processo. A direção do CERN entendeu a visita como um sinal de que o processo avançaria. Mais uma vez, nada ocorreu. O diretor deixou claro que, com o governo fora do CERN, as empresas nacionais não poderão participar da licitação de peças e serviços que o acelerador de partículas lançará. (EQUIPE EINSTEINS DAS PARTÍCULAS, 2016, grifos nossos)*

Os dados grifados representam informações do investimento brasileiro e da participação do país no LHC/CERN, podendo ajudar em muito no desenvolvimento das pesquisas científicas e técnicas com representação das empresas nacionais nas licitações de produtos lançados. De acordo com a equipe, seus membros ficaram curiosos para saber a ligação do Brasil nesse investimento, mas que segundo algumas fontes que pesquisaram o maior interesse da entidade europeia no Brasil está na produção nacional de nióbio, haja vista que aqui se produz cerca de 75% deste minério no mundo.

Não é à toa que os países fazem parte da cooperação internacional de ciência e tecnologia da qual o CERN/LHC faz parte, primeiro porque reúne estratégias econômicas nacionais e o interesse dos Estados em aplicar as descobertas nacionais em soluções para os problemas sociais, além disso ampliam as atividades econômicas e desenvolvem novos empreendimentos entre os países colaboradores (DUARTE, 2008). Quanto ao Brasil, são

milhões de reais anuais investidos e esse acordo envolve intercâmbios e colaborações de mão-de-obra como cientistas a atuarem no CERN, garantindo apoio institucional a longo prazo.

Outra equipe apresentou sua inquietação para saber o motivo da participação do Brasil no LHC e em aceleradores de partículas nacionais.

*[...] Os grandes países não abrem mão dessas novas tecnologias e informações, pois compreendem o valor (não só científico) das mesmas, pois os resultados obtidos no colisor de partículas afetam áreas como medicina, biologia, tecnologia (informática) e em outros assuntos que afetam o modo de vida humano. E como no mundo ocorre uma corrida por riqueza, sem falar na corrida armamentista que após a guerra fria se tornou algo comum nos países do mundo, especialmente nas grandes potências. O Brasil, mesmo que discretamente, está entrando nesse universo das partículas, com pouco investimento e um olhar discreto está de olho nos experimentos científicos com relação a partículas, pois também os físicos brasileiros reconhecem a importância do universo das partículas.* (EQUIPE FISILOCOS POR PARTÍCULAS, 2016, grifos nossos)

É notório o grande investimento que os países fazem em aceleradores de partículas e mesmo em momentos de instabilidade econômica nacional, estes não saem do projeto, prospectando sempre valores orçamentários em um futuro não tão distante, na busca de riquezas e detenção de conhecimentos, como os grandes países. O Brasil participa ainda discretamente, porém não só os físicos como o próprio governo já espera grandes retornos no estudo das partículas elementares.

Duarte (2008) acrescenta que há também na cooperação internacional interesses políticos voltados para ampliar a formação de especialistas na área, buscar recursos que não estão disponíveis nos países de origem dos cientistas, bem como melhorar a produtividade nacional. O Brasil aproveita essa cooperação para fomentar a pesquisa no âmbito nacional e estimular a produção de novas tecnologias demandadas da própria ciência para o mercado em diversos setores da economia.

Uma visão de mundo mais integradora sobre as ciências e as tecnologias produzidas é um dos elementos da ACT que Fourez (1994) estabelece, mas requer do estudante uma tomada de decisões sobre fatores políticos e/ou econômicos que cercam a produção científica. Os estudantes vão além dos interesses existentes no entorno do LHC e trazem discussões pertinentes sobre a participação do Brasil na corrida pelo desenvolvimento científico e tecnológico acerca das partículas elementares, e que posso reconhecer como uma habilidade dos estudantes sobre a visão política de mundo.

## V) NOVAS PARTÍCULAS, O PAPEL DA MÍDIA E OS DESAFIOS DAS DESCOBERTAS CIENTÍFICAS

Muitos investimentos já foram feitos e continuam sendo promovidos no CERN/LHC bem como em outros aceleradores de partículas com escala menor, porém ainda há muitos desafios a serem resolvidos pelos países investidores.

Deste último eixo analítico originaram duas categorias, das quais discorro sobre cada uma a seguir:

### a) Aspectos sociais

As equipes buscaram refletir sobre esse assunto, principalmente após a descoberta da mais famosa partícula conhecida como bóson de Higgs, ou popularmente “a partícula de Deus”.

*Informações sobre o Bóson de Higgs são tão difíceis de encontrar como ela própria, que finalmente foi detectada em 2012. E, por mais que tenha tido grande cobertura da mídia, a maioria da população mundial não entende o seu significado e importância por ainda não apresentar benefícios concretos para a sociedade. Constatamos que os cientistas podem estar tentando criar uma nova vida, melhorar o desempenho de nosso cérebro e nosso corpo, criar novos materiais ou avaliar as mudanças climáticas, não importa, somos todos afetados. Por isso, precisamos entender o trabalho deles. Houve uma mudança no modelo padrão, incluindo essa partícula elementar, porém deixando a força da gravidade de fora, haja vista que até o momento não detectaram os grávitons. (EQUIPE EINSTEINS DAS PARTÍCULAS, 2016, grifos nossos)*

A essa altura os estudantes já conseguiam debater bem mais que no início da aplicação da sequência didática, pelo fato de trazerem muitas informações e muito consistentes sobre a variabilidade de mudanças que ocorreram na comunidade científica, após grandes descobertas nos aceleradores de partículas. Além disso, os registros da equipe já incluíam até a posição que as pessoas juntamente com a mídia estão tendo acerca do assunto, seja para tratarem do assunto de modo peculiar ou mesmo para amedrontar a humanidade sobre o que pode vir a ocorrer com esse investimento no CERN/LHC.

Schwartzman (2002) discute que a pesquisa científica e tecnológica no Brasil precisa de mais investimentos, pois em países em desenvolvimento é mais visível instituições públicas investirem em pesquisa que as privadas, o que, ao olhar do autor, dificulta e muito o potencial dos cientistas brasileiros. Caso houvesse mais investimentos nas pesquisas, certamente os setores sociais, a indústria, o comércio e a agricultura seriam bem explorados e colocariam a serviço da comunidade um contexto social e político mais consistente e seguro

com resultados positivos, aumentando a utilidade social da pesquisa em ciência básica para o progresso nacional.

Um indivíduo alfabetizado cientificamente consegue identificar elementos no meio social resultante da produção científica e técnica (FOUREZ, 1994), sabendo que é a construção do conhecimento científico que fomenta as atividades dos cientistas para a produção de tecnologias e benefícios empreendidos à sociedade em geral. Dessa forma, compreende os princípios da ciência, seus conceitos e hipóteses e, sobretudo, possui a capacidade de aplicá-los a partir das necessidades sociais.

## **b) Aspectos midiáticos**

Alguns estudantes discutiram na sala com a turma o fato de terem achado muitas fontes de pesquisas que denigrem a imagem do CERN. Isso de certa forma os assustou, por não terem tanta certeza sobre o assunto, principalmente sobre os eventos que produziram miniburacos negros no LHC. Diante disso, preocupava-me em saber quais as fontes pesquisadas pelas equipes para evitar opiniões pessoais indesejadas de usuários da *internet* que viessem a causar furor na turma, sempre deixando os estudantes muito livres, mas sempre com esse cuidado e cautela na origem das informações.

Outra equipe trouxe reflexões sobre o papel da mídia sobre as descobertas realizadas no CERN/LHC.

*A descoberta do Bóson de Higgs, mais conhecida como 'Partícula de Deus' ocorrida no laboratório do CERN foi classificada como "A chave para entender a formação do universo". Sendo que muitas pessoas se perguntam como uma partícula minúscula que custou US\$ 10 bilhões para ser localizada seria importante, fazendo com que surgisse assim inúmeras críticas seja pela falta de informação ou entendimento do assunto. Portanto a mídia tem um papel importante na disseminação da ciência, embora haja distorção de alguns dados ou fatos é muito importante que os cientistas divulguem, expliquem melhor o valor potencial de suas pesquisas para que as pessoas venham entender que as novas descobertas iniciam uma nova era que podem trazer grandes avanços tanto para a ciência como para a sociedade. (EQUIPE WEB PARTÍCULAS, 2016, grifos nossos)*

Enfaticamente demonstram a crença das pessoas diretamente nas mídias sem buscar novas fontes para melhor entender o assunto antes de se fazer suas críticas. As pessoas, de fato, se preocupam com os investimentos feitos nos aceleradores de partículas, mas deixam claro que as diversas mídias tanto informam, contribuem como podem até atrapalhar na divulgação das descobertas científicas.

De certa forma, a mídia tem um poder muito grande sobre as pessoas e as influencia diretamente, é tanto que os debates que envolvem a mídia e a produção da notícia científica

tem gerado muitas pesquisas e estudos sociais, pois há vários fatores que interferem na propagação das notícias como a sensibilidade existente do corpo editorial, os conhecimentos adquiridos pela equipe responsável pela divulgação e até mesmo o lado político existe na fonte de comunicação. São discussões amplas que não cabem que nos estendamos aqui, embora caiba destacar também a própria relação existente ou não entre os jornalistas e cientistas, por exemplo (TUFFANI, 2009).

Outra equipe trouxe esses desdobramentos que os cientistas enfrentam com a mídia, sendo grandes desafios no LHC/CERN, pois de certa forma é uma realidade global essa preocupação das pessoas gerada pela desinformação ou até mesmo pelo medo do desconhecido.

*Os cientistas que trabalham no CERN não devem ligar para qualquer tipo de crítica, o dever da ciência é buscar conhecimento, respostas para as questões do universo, independentemente de opinião das pessoas. Os gastos que foram necessários são apenas esforços para continuar nessa jornada em busca do conhecimento, os cientistas não devem ligar para que a população diz mas devem focar nos seus trabalhos e fazer valer a pena todo esse investimento. A mídia deve agir de maneira imparcial, não exaltando demais o CERN, mas também não condenando o laboratório, deve agir de tal maneira que traga a informação para a população o suficiente para estarem informadas sobre o que acontece no CERN. (EQUIPE FISILOCOS POR PARTÍCULAS, 2016, grifos nossos)*

A equipe traz uma postura bem consolidada de que é dever da ciência gerar novos conhecimentos para as inquietações das pessoas e mídia de se manter imparcial frente às novas descobertas para não persuadir a população, seja mostrando os grandes feitos ou os prováveis perigos que o CERN/LHC pode representar para o planeta.

Dos argumentos encontrados nos *webfólios*, é interessante notar a postura dos estudantes sobre o que a mídia comenta sobre o papel da ciência e da tecnologia. Fourez (1994) já tratava de situações em que os estudantes deveriam entender a ciência e as implicações tecnológicas no meio social, porém tem saber fazer a distinção necessária entre o que é um saber científico de opiniões subjetivas que alguns sujeitos propagam e, nessa situação, ter uma visão mais ampla sobre a implicação social da ciência e da tecnologia é estar alfabetizado cientificamente.

#### **4.7 ANÁLISE DE APLICAÇÃO DO JOGO DE TABULEIRO E O MINICONGRESSO ESCOLAR**

Diante do contexto do uso de ferramentas dentro da abordagem DBR-TLS, o jogo didático e o minicongresso escolar são itens de avaliação interna da aprendizagem dos estudantes pós-intervenção da investigação e implementação da sequência didática. Pode

observar a motivação dos estudantes para aprender além das lições propostas e da construção de *webfólios* na construção do conhecimento científico usando essas aplicações lúdicas de aprender física além da sala de aula e usar mecanismos diversificados. Notei que a turma se engajou nas atividades, deixava a aula mais dinâmica e gerava um retorno de qualidade tanto à minha ação docente quanto à própria busca pelo saber.

Destaco assim, o potencial do jogo didático e o uso do minicongresso escolar como auxiliares na avaliação por terem sido aplicados após as lições e um dos requisitos pedagógicos era resgatar conceitos, situações-problemas e fenômenos sobre física de partículas para que as equipes pudessem se autoavaliar. O jogo entra nesse cenário como um processo de avaliação interna pós-teste, como demanda a abordagem DBR-TLS e com vistas à alfabetização científica e técnica.

Primeiramente, desenvolvi um jogo didático chamado “*A discreta corrida das partículas elementares*”<sup>19</sup>, o qual trata de um jogo de tabuleiro com o objetivo de os estudantes testarem os conhecimentos adquiridos, no qual se trabalhava o lúdico para desafiar as equipes em atividades de raciocínio e conhecimentos específicos abordados na aplicação da sequência didática sobre física de partículas. Alguns registros do diário de docência do professor-pesquisador foram retirados e aqui pautados para discutir como foi a aceitação dos estudantes acerca do jogo didático.

Sobre a relevância dessa atividade para a turma, as equipes mostraram-se satisfeitas e motivadas com uma atividade diferenciada, que permitiu maior integração entre os estudantes e que contou muito para exercitar o tema.

*Foi de extrema importância, pois mesmo através de um jogo de tabuleiro ou uma pequena diversão, todos os participantes interagiram e mostraram seus conhecimentos sobre os assuntos abordados. (EQUIPE WEB PARTÍCULAS, 2016)*

Essa mesma equipe, em uma conversa comigo, disse que não mudaria absolutamente nada, porque as regras do jogo foram bem organizadas e que seria importante aplicar em outras turmas.

Ao se tratar de atividades lúdicas, outra equipe deu sua opinião sobre o jogo, enfatizando que

*Foi muito importante o jogo de tabuleiro e serviu como um aprofundamento de forma descontraída, e é como ouvimos falar “é brincando que se aprende”. (EQUIPE FISILOCOS POR PARTÍCULAS, 2016)*

---

<sup>19</sup>Maiores informações sobre o jogo, tutorial e a cartas elaboradas estão nos apêndices deste trabalho.

Mas sugeriu que deveria haver atenção do professor-pesquisador nas equipes para não haver pequenos atritos durante a dinâmica. Aconselhou também a aplicação para outras turmas, mas que requer um maior apoio pedagógico para dar suporte às equipes, pois segundo a mesma os estudantes tinham a liberdade de se comunicar facilmente com o professor por residirem na cidade, mas não soube avaliar como seria a aplicação da proposta para turmas de estudantes oriundos da zona rural.

A “*Equipe Aram Partículas*” achou o jogo de tabuleiro divertido e inteligente, dizendo não mudar nada no tutorial da brincadeira, mas que seria interessante compartilhar com outras turmas, porque só acrescentaria no conhecimento dos estudantes. Os integrantes da “*Equipe Partículas Charmosas*” também recomendam o jogo para outras turmas, mas enfatizaram que os estudantes devem ter ao menos um pouco de conhecimento sobre o tema de física de partículas, recomendando que o dado utilizando na brincadeira deveria ser posto em um local mais visível, dispondo as mesas numa posição acessível para que todos pudessem ver.

Outra equipe também falou sobre o jogo e deu algumas recomendações, pois

*despertou nossos lados competitivos, ou seja, com a brincadeira conseguimos utilizar os conhecimentos que adquirimos ao longo dessa jornada didática. Recomendamos ainda que ao utilizar a carta “bônus”, deveria ser jogado o dado novamente; pois isso aumentaria o entusiasmo dos participantes.* (EQUIPE EINSTEINS DAS PARTÍCULAS, 2016)

Portanto, através do jogo de tabuleiro as próprias equipes puderam autoavaliar a construção de conhecimentos sobre física de partículas, não havendo necessidade de fazer uma aplicação de novo questionário para identificar o potencial da atividade pós-implementação da TLS como instrumento avaliativo. Os relatos registrados no diário de docência manifestaram a opinião dos estudantes sobre uma prática diferenciada de ensino de física que possibilitou a construção de saberes necessários, conforme planejado pela proposta didática.

E durante toda a aplicação da sequência didática, já orientava as equipes para pensarem em algum tema que mais lhe chamou atenção para fins de socialização na comunidade escolar. De início, os estudantes aparentavam-se apreensivos, porém com o decorrer da proposta começaram a se mostrar mais integrados em equipes e motivados a falar sobre o tema.

Diante dessa necessidade de aplicar o conhecimento sobre o tema, as equipes ficaram responsáveis em socializar um conhecimento sobre as suas reflexões e fazer uma exposição

de trabalhos temáticos frente a algum tema que mais lhe chamou a atenção. A maioria dos estudantes gostou da proposta pelo fato de que seus trabalhos não ficariam restritos a produção de *webfólios*, mas que divulgariam para toda a comunidade escolar.

Surgiu então o “*I Minicongresso Escolar de Física de Partículas*”<sup>20</sup> na escola na qual foi aplicada a sequência didática e próprias equipes decidiram sobre qual tema gostariam de abordar e o professor-pesquisador teve um papel fundamental na orientação dos estudantes para a produção de trabalhos a serem expostos. Com isso, foi criado um convite e divulgado nas redes sociais, como mostra a Figura 4.3.

O convite foi elaborado em conjunto entre o professor-pesquisador e as equipes que estavam sempre dispostas a colaborar com a pesquisa e, ao mesmo tempo, divulgar seus trabalhos para a comunidade escolar. Esse convite foi salvo também em formato de imagem e divulgado pelos próprios estudantes por meio de grupos em mensagens instantâneas e em redes sociais.

**FIGURA 4.3 – CONVITE DO MINICONGRESSO ESCOLAR**



**Fonte: Elaborada pelo autor**

Além de publicado nas redes sociais para ampla exposição, as equipes se dispuseram ir de sala em sala na escola convidar os estudantes de outras turmas para prestigiar o evento, assim como foi divulgado na rádio da escola.

<sup>20</sup> Algumas fotos do evento estão disponíveis no *blog* criado pela turma e também nos apêndices desta dissertação.

Dentre os temas escolhidos pelas equipes, apenas cinco se propuseram a expor seu trabalho no minicongresso, como por exemplo o trabalho intitulado **“CERN: Da física às tecnologias”**, no qual a **“Equipe Web Partículas”** se propôs a abordar o assunto porque o mesmo está envolvido em muitos outros setores, sendo que reflete diretamente na sociedade, como nas indústrias, nos comércios, na medicina e nas mais diversas tecnologias utilizadas no nosso cotidiano, utilizando apresentações em *slides* para facilitar o entendimento daqueles que presenciaram a apresentação.

Sobre a proposta didática, a equipe recomendou que deveria haver uma melhor organização de tempo e que a escola colaborasse com estudantes e professores para facilitar o grau de entendimento dos assuntos de física de partículas. Além disso, apostam em uma maior divulgação sobre os assuntos modernos da ciência nas escolas, já que como tiveram a oportunidade de conhecer um pouco mais sobre a física de partículas, seria essencial que todos os estudantes tivessem acesso a esses conteúdos.

A **“Equipe Aram Partículas”** elaborou uma maquete do acelerador de partículas brasileiro e intitularam seu trabalho de exposição como **“Sirius: o acelerador de partículas brasileiro”**, que está localizado em Campinas, São Paulo, pois o tema é interessante pelo fato de o Brasil está avançando e investindo em projetos gratiosos e também novos para a sociedade, abordando principalmente os interesses políticos e econômicos do país nesse investimento. Recomendaram que novas propostas sejam aplicadas e que seja voltadas mais para a prática, porque os estudantes interagem muito mais, pois assim como levarão essa experiência para o resto da vida, outros estudantes também merecem vivenciar eventos como esse que são únicos e maravilhosos na escola.

Os estudantes da **“Equipe Einsteins das Partículas”** disseram que o professor-pesquisador teve uma ótima conduta durante a aplicação da sequência didática e soube interagir com as equipes, sempre que achava conveniente complementava algumas explicações que os intrigaram, bem como motivava a todos e se mostrava paciente e apreensível. Esta equipe foi despertada pelas curiosidades que rodeiam o LHC/CERN, o maior acelerador de partículas do mundo, pois é através de suas pesquisas, que segundo os estudantes saberão as explicações de várias teorias já existentes.

Os integrantes da equipe se propuseram a construir um miniacelerador de partículas usando sucatas, porém devido pequeno prazo de tempo e problemas na produção o mesmo não conseguiu funcionar, mesmo assim seu trabalho intitulado **“LHC: o grande acelerador de partículas”** despertou muito a atenção do público e os estudantes mostraram às pessoas a

importância de suas pesquisas e descobertas para a sociedade, demonstrando como ocorriam as colisões de partículas. Usaram também vídeos e apresentações em *slides*.

Quase todos os conhecimentos chamaram a atenção e despertaram interesse da “*Equipe Partículas Chamosas*”, conforme falaram alguns estudantes da equipe e para que aprendessem mais sobre o tema, que muitas vezes não dão valor, elaboraram o trabalho “*Varal atômico*”, pelo fato de esse assunto os interessar e para mostrar não só para eles mesmos que a evolução da ideia de átomo não é um “bicho-de-sete-cabeças”, mas uma coisa que serviu de oportunidade para mostrar o potencial da equipe.

Construíram diversas maquetes usando isopor e arames para mostrar os modelos atômicos existentes e suas estruturas que foram sofrendo mudanças com o passar dos anos. Mesmo não detentores de todo o conhecimento sobre o assunto, aconselharam que se houver questões inovadoras, as mesmas devem ser inseridas na sequência criada pelo professor pesquisador, mas no momento sentiam está bem desenvolvida, podendo até mesmo ser aplicada em outras turmas para que se interessem mais em ciência.

A “*Equipe Fisiloucos por Partículas*” elaborou o trabalho “*Modelo padrão das partículas elementares*”. Falaram que poderiam ter sido melhores na produção, mais aprofundados, mas apesar disso usaram materiais alternativos em desenhos tridimensionais e deu um charme a mais para apresentarem a proposta à comunidade escolar, mas no geral acreditam que se tivessem tido mais tempo para se preparar teriam tido mais êxito. Além disso, a equipe recomenda que esta produção deva ser aplicada desde o 9º ano do ensino fundamental no ensino de ciências e no ensino médio em física e química trazendo as aplicações mais práticas das descobertas científicas ao cotidiano dos estudantes, contudo para o nível médio o assunto está de grande valia.

O jogo de tabuleiro entrou na minha proposta didática por ser um potencial instrumento de aprendizagem, trazendo a ludicidade para o ensino de física e desenvolvendo habilidades de raciocínio lógico nos estudantes sobre o assunto. Todos os cuidados necessários à didática de aplicação do jogo levei em consideração, conforme os objetivos estabelecidos, deixando claras suas regras práticas. Essa prática criou um resultado pedagógico observado como o estímulo na busca do conhecimento, o interesse em entender regras, a concentração e a participação ativa dos estudantes a partir dos impulsos proporcionados pela ação lúdica.

Notei que o minicongresso escolar aliou a buscar por novos saberes e uma maior integração da turma na escola. Tomo esta atividade como uma ação lúdica também por propiciar aos estudantes a interação, a pesquisa por novos conhecimentos, produção de

maquetes e experimentos acerca do tema. Foi uma atividade de ensino que criou um ambiente de descontração na escola, os estudantes puderam desenvolver suas autonomias para a aprendizagem com a minha orientação e o aumento do interesse de ir além da sala de aula e expor atividades como uma alternativa de socialização do conhecimento.

#### **4.8 AVALIAÇÃO INTERNA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

De acordo com Méheut e Psillos (2004), a avaliação de uma sequência de ensino-aprendizagem é feita através do uso testes antes e após a aplicação. Destaco, aqui, uma avaliação interna da sequência elaborada a partir dos referenciais da DBR e TLS que estruturaram toda a implementação da proposta.

Ao estabelecer os princípios para o *design* me propus a elaborar uma sequência que contivesse um conteúdo que se adequasse bem às intenções didáticas através das lições propostas, que atendesse o objetivo proposto inicialmente e se adequasse à construção de conhecimentos científicos, motivando a busca pelo saber e fosse determinante no percurso formativo dos estudantes.

Para melhor esclarecer, os *princípios de design* são meus compromissos que assumo junto a equipe de trabalho para tomar como ferramenta a elaboração da presente proposta didática. Os princípios que utilizo negociam com um conhecimento acumulado anteriormente na minha carreira profissional, uma vez que na abordagem DBR-TLS é um ato de compromisso que pode e deve ser reformulado a luz de uma validação e implementação para se fechar um ciclo em uma proposta para analisar se os que foram planejados inicialmente são factíveis ou não.

A minha postura didática na aplicação da proposta deve refletir sobre minha própria e de outros professores aprendizagem como um meio de instrumentalizar a investigação-ação, ampliação da prática e novas possibilidades profissionais. Diante do tema busquei inserir recursos didáticos para haver interação em sala de aula, entre os estudantes e entre o professor – conhecimento – estudantes envolvendo questões de ordens variadas para a construção do conhecimento.

Dessa forma, a proposta do tema da sequência didática emergiu da minha inquietação sobre a minha própria prática acerca do ensino tradicional de física no ensino médio, com vistas à pensar no ensino de física com novas possibilidades para a construção de conhecimento dos estudantes. Após a proposta do assunto, me propus a debruçar sobre as

características da abordagem DBR-TLS para criar um *design* da sequência e posteriormente implementar.

Tomei como elementos para o processo de validação a fim de verificar a possibilidade de efetivação da sequência didática usando recursos como meu diário de docência antes da aplicação, a construção de *webfólios* no decorrer das lições e o uso de atividade lúdicas após a aplicação frente aos objetivos propostos para a aplicação da TLS. Aqui faço uma avaliação sobre a implementação da proposta diante da intenção didática planejada e sobre a coerência interna do produto elaborado.

Após discussões entre minha equipe de trabalho sobre a minha proposta didática não propus um *re-design* para reaplicação até o momento, pois gostaria que houvesse a aplicação por outro professor ou outros professores, pensando na formação continuada de terceiros, e considerando que minha elaboração apresenta-se adequadamente aos objetivos que propus inicialmente.

Esses elementos garantiram à minha proposta o envolvimento da prática sobre o *design*, o que demonstrou o pragmatismo da proposta alinhado aos objetivos gerais e às teorias, o gerenciamento da produção cíclica dos procedimentos gerais da sequência, garantindo a iteratividade. Além disso, há uma interatividade por envolver a formação de um grupo de elaboradores para a sequência, garantindo flexibilidade à proposta e integração entre o embasamento teórico e os métodos que aumentaram a validade e aplicabilidade da proposta, dentro da contextualização e adaptação do contexto escolar associados aos processos de *design*.

O recursos didáticos na minha sequência didática garantiram êxito na implementação e a construção de conhecimentos com uso dos *webfólios* pelos estudantes revelou um grande potencial didático da proposta, com vistas à alfabetização científica e técnica a partir dos desdobramentos da análise textual aplicada.

Além destes, as atividades lúdicas foram instrumentos avaliativos que me permitiram identificar a pertinência da proposta frente ao processo de ensino sobre física de partículas. O jogo de tabuleiro e o minicongresso escolar foram as atividades que materializaram a produção dos *webfólios* e a concretude da sequência em si, demonstrando o papel avaliativo sobre os referenciais teórico-metodológicos utilizados no percurso da pesquisa e na aprendizagem dos estudantes, conforme os estudos sobre a alfabetização científica e técnica proposta por Fourez (1994).

Portanto, a minha proposta didática se difere das demais levantadas nos bancos de dissertação, e até mesmo teses, pelo seu referencial teórico-metodológico, desde a sua

elaboração a partir do método DBR-TLS com vistas à ACT, até os recursos utilizados como ferramentas avaliativas, a citar, a produção de *webfólios*, as atividades lúdicas como o jogo de tabuleiro e sua culminância com a socialização da produção dos estudantes em um minicongresso escolar sobre física de partículas, elementos potenciais a serem replicados em outros contextos, principalmente no ensino médio.

A viabilidade das atividades ocorreram normalmente em sala de aula com poucas dificuldades tanto na execução como na orientação feita aos estudantes. O fluxograma proposto como *degin* da sequência ajudou para melhor conduzir a aplicação e agora avaliar a execução da sequência didática a um olhar atento tanto como professor quanto pesquisador.

Uma avaliação da coerência interna da sequência didática se deu na observação do meu diário de docência, que trouxe uma visão geral do andamento da aplicação da sequência mostrando-se adequada frente ao planejamento proposto no “Guia Didático”. O material produzido mostra a pertinência das lições com vistas ao objetivo da ACT e o planejamento pretendido às lições ainda é um elemento essencial para aplicação da TLS.

O *re-design* entra como uma proposta para a equipe de professores (orientadores e orientando) que destacam como um equipe com maior amadurecimento frente aos referencias teórico-metodológicos utilizados e pretendem se firmar enquanto grupo de estudos e pesquisa para levar a sequência didática a outros profissionais. Até o momento não há uma proposta de *re-design* proposta, apenas destaques importantes na TLS como o uso dos vídeos nas lições antes dos textos-bases e um replanejamento acerca das questões do jogo de tabuleiro com caráter mais próximo dos objetivos ACT, haja vista que estas possuem questões especificamente voltadas para conhecimentos de física de partículas.

Portanto, a sequência didática não termina nessa avaliação, pois estou sendo atualmente o validador e minha equipe de trabalho pretende ir além do grupo, propondo trabalhos a serem publicados em eventos nacionais e internacionais, bem como alinhar propostas de intervenção na formação inicial e continuada de professores de física, buscando parcerias com outros órgãos educacionais para este fim.

Apesar de já ter mencionado o que houve com algumas equipes durante toda a aplicação da sequência sendo de fato um resultado da minha pesquisa e merece este destaque, pelo fato de terem ocorridos problemas internos que não permitiram a continuidade de alguns membros, sendo um papel meu enquanto professor que busquei contornar à situação, organizando os integrantes remanescentes em outras equipes e ,como pesquisador, mantendo uma boa amostragem de estudantes para a produção de conhecimentos de um conteúdo que a cada lição os estimulava sempre a seguir.

Essa situação da desistência de estudantes durante a aplicação revelam dados importantes à minha pesquisa como o desestímulo presente em muitos estudantes acerca de participação em pesquisas educacionais na sua escola, mesmo já em fase de conclusão do ensino médio, como nos aponta Tapia (1992) pelo fato de os estudantes enfrentarem programas curriculares sempre muito carregados, falta de interdisciplinaridade e até mesmo a contextualização do tema que atraia a turma. Pensando no planejamento de uma sequência didática poucas vezes programada para o currículo da educação básica, que desenvolvi princípios de *design* bem estabelecidos para moldarem um trabalho docente bem administrado em sala, sem deficiência de planejamento pedagógico, haja vista que o material acompanha uma guia didático, e, sobretudo, o uso de recursos diversificados capazes de motivar os estudantes em atividades lúdicas e tivesse um efetivo engajamento em inovar na produção de conhecimentos.

Outro fato a argumentar nessa avaliação é que não necessariamente tangenciamos os aspectos da DBR-TLS e sim contruímos uma proposta que se adequa aos moldes desse referencial teórico. Brown (1992), Collins (1992), Lijnse (1995) e Méheut & Psillos (2004) apresentam as principais características da abordagem DBR-TLS, porém não julgam que todos os critérios críticos que estabelecem devam aparecer em um grupo, haja vista a conjuntura de grupos de estudos e a instituição para qual se prestam determinadas pesquisas podem não estar tão consolidadas, como ocorreu com a nossa equipe, ainda em construção para elaboração de novas propostas.

Portanto, nossa equipe busca novos integrantes e novas propostas para dar um bom andamento nas pesquisas em educação em ciências no contexto paraense, assim como busca meios de ampliação e consolidação para ir além de pesquisas aplicadas e inserir novos professores e pesquisadores, com o intuito de crescimento profissional na região e o fortalecimento de práticas educacionais com aspectos inerentes ao movimento educacional da DBR-TLS e, sobretudo, abordar temas que ainda estão distantes da realidade das escolas públicas com vistas à alfabetização científica e técnica como propõe Fourez (1994).

## CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES E PERSPECTIVAS

Conforme apontado inicialmente nesta dissertação, esta pesquisa se deu a partir da inquietação do professor-pesquisador diante das práticas dominantes do ensino de física nas escolas públicas de ensino médio. Diante disso, uma equipe de professores desenvolveu a presente proposta didática vislumbrando um novo olhar para a postura docente acerca da produção do conhecimento científico que muito distante ainda se encontra das salas de aulas, apesar de os estudantes serem bombardeados por inovações científicas e tecnológicas no seu meio social.

Em contrapartida, outras experiências e inovações são pensadas e reelaboradas conforme a realidade educacional e, seja qual for a proposta a ser planejada, me parece conclusivo que a inserção de FMC no ensino médio ainda vai exigir muito além de um “planejar docente”, mas sim planejamento de propostas de formação continuada aos professores que já estão em sala. Trata-se de um quesito que identifiquei como “lacuna” tanto na minha postura de formação profissional como na maioria dos professores de física da escola básica.

Em decorrência desses aspectos e diante das análises dados obtidos na aplicação da minha pesquisa, agora me dedico a tratar de algumas considerações e perspectivas tidas como relevantes acerca da pesquisa desenvolvida neste trabalho. A busca por mudanças no currículo escolar da educação básica vem ganhando importantes contribuições pedagógicas que permitem uma reflexão na promoção de uma educação científica de qualidade.

Não é, e nunca foi, tarefa fácil para o professor-pesquisador fazer com que os estudantes produzissem um pensamento crítico e reflexivo sobre determinados temas de ciências, todavia a ênfase do caráter da ACT no ensino de física permitiu perceber essa atitude por desenvolver um produto bem alicerçado em discussões de cunho sociocultural, político-econômico e ético. Em toda a sequência didática construída como produto do mestrado profissional, foram diversos os contextos de aplicação do conhecimento científico nos quais os estudantes puderam expressar suas ideias e pensamentos voltados para a ação cidadã, bem como discorrer sobre outras questões que consideraram pertinentes à sua vivência.

Diante de minha pesquisa e conforme propõe a ACT, a ação didática perpassa pela formação dos estudantes na compreensão dos fenômenos que estão ocorrendo continuamente no meio social. Isso nos recorre à uma prática docente diversificada, quando o professor deve se equipar com o máximo de estratégias didáticas pertinentes ao processo de ensino para que facilite aos estudantes uma aprendizagem menos propedêutica e disciplinar, e desta forma

tornar possível novas conexões entre os diversos ramos dos saberes científicos e suas implicações no contexto social.

Quanto à intenção didática almejada na proposta didática, a construção de conhecimento dos estudantes a um nível além do esperado, evidenciou posturas sociais diante de situações-problemas sobre o estudo de física de partículas e uma visão mais abrangente e além da sequência didática. Resta claro ao professor-pesquisador a importância de ter avaliação da proposta por parte de outros professores, a fim de ampliar reflexões sobre viabilidade e outras possibilidades de abordagem sobre o tema, o que indubitavelmente conduz a um enriquecimento do processo de *re-design*, incluindo a possibilidade de uma nova aplicação em outras turmas conforme orienta o marco metodológico DBR-TLS. Além disso, precisamos divulgá-la para que outros estudantes tenham acesso a esse conhecimento ainda distante das salas de aula, principalmente quando tratamos de escolas públicas.

É nesse direcionamento que ponderamos a perspectiva de fazer um *re-design* de nossa sequência didática, como um material ainda mais flexível ao professor capaz de desmontar a ideia tradicional do professor de ensinar física, explorando textos e contextos das partículas elementares para a inovação científica e tecnológica. Assim, possibilitar aos estudantes desenvolver um pensamento mais estruturado sobre o tema, será necessária uma nova postura da ação docente para refletir durante toda a aplicação da proposta, bem como todo cuidado e atenção a ser dada aos mesmos

É digno de nota que as escolhas pedagógicas e os recursos avaliativos adotados incentivaram a postura crítica dos estudantes na forma escrita por meio do uso de *webfólios*, nos quais puderam expressar opiniões, atitudes e pontos de vistas que lhes convinham, conforme a discussão apresentada. Aliás, no geral, a produção escrita dos estudantes no que tange à qualidade e à argumentação ficou muito acima do que é comum ao nível de ensino em que a proposta foi aplicada. A que houve orientação contínua por parte do professor para que os estudantes julgassem se a fonte de informação é fidedigna ou não do ponto de vista científico. Tal competência é imprescindível dentro de um paradigma da ACT e no debate social para a formação cidadã.

Para a produção de conhecimento dos estudantes, foram propostas algumas situações-problemas com questões que envolviam discussões sociais, político-econômicas, ambientais e também mais técnicas, inclusive, aquelas que necessitavam de associação com conhecimento de outros assuntos da física. Os estudantes tinham total autonomia para a escolha de uma situação-problema por lição, podendo até formular outras, e sempre alicerçados pela orientação do professor-pesquisador para a produção do conhecimento com

vistas à ACT, vislumbrando ideias, visões de mundo, opiniões e pensamentos sobre o estudo em questão, bem como na busca por referências bibliográficas seguras e confiáveis de informações quanto ao pretendido na discussão.

É importante destacar que, além dos dados discutidos no escopo desta pesquisa, o desenvolvimento na linha do saber técnico na área de física das partículas elementares também faz parte da produção dos estudantes, porém devido o excesso de dados produzidos, optamos por fazer uma análise sobre aquelas mais escolhidas pelas equipes.

Essa situação de pesquisa me remete ao fato de que o uso de *webfólio* como instrumento de avaliação e de produção de conhecimento, quando deixa a autonomia para os estudantes optarem pelo que querem discutir, possa nos fornecer tantos dados que dificulte uma análise discursiva mais precisa sobre a totalidade do que se foi elaborado, ao ponto de que se fôssemos incluir todas as informações aqui deixaria o nosso leitor enfadado e por ventura mostrasse a nossa falha sobre o que de fato buscávamos identificar nas produções.

Quanto ao uso dos *webfólios*, nos quais os estudantes puderam discutir sobre o tema e postar em um *blog* foi, além de interessante, uma prática pedagógica diferenciada, que permitiu maior interação entre os mesmos e dinamizou a aprendizagem. O uso dessa ferramenta no ambiente escolar os motivaram e permitiu que pudessem manifestar suas ideias em um espaço público, colaborando para a busca de conhecimentos mais consistentes, além de permitir também um novo olhar em relação à prática docente. Além disso, a promoção de um minicongresso escolar pôde despertar o potencial de cada estudante, possibilitando-lhes um maior convívio social na turma e na própria escola, ao mesmo tempo em que estimulou-os para administrar suas dúvidas, ideias, bem como para desenvolver autonomia.

O uso do blogue como recurso avaliativo se deu pela forma de como se facilitava a interação estudantes e professor-pesquisador em busca do conhecimento científico. No entanto, a sequência foi estruturada de modo a conduzir professores do ensino médio a utilizar-se de recursos didático-pedagógicos diversificados que vão além da sua prática. Essa possibilidade direcionada aos estudantes fomentou engajamento para criar um espírito crítico e reflexivo na aprendizagem em física, gerando maior qualidade na produção do conhecimento, principalmente identificada nas suas reflexões. Essa prática beneficiou não só os estudantes, mas também o professor-pesquisador, garantindo-lhe maior segurança na sua didática e compromisso com uma educação voltada para o desenvolvimento dos estudantes no âmbito social.

Apesar de os estudantes poderem optar por fazerem novas provocações e indagações na produção de conhecimento, isso não foi identificado nos textos produzidos, haja vista que

as escolhas das questões-problemas foram de fato aquelas apresentadas na sequência. Isso pode ser planejado com mais ênfase no próximo design, bem como deixar a sequência sem as questões definidas, deixando ao professor-pesquisador o papel de provocador e mediador das problematizações.

Nossos eixos de análise surgem a partir do momento em que identifiquei que os *webfólios* não apresentam uma visão dos estudantes de modo superficial e analisei as situações-problemas mais recorrentes. As equipes demonstram um conhecimento que ultrapassa as fronteiras das lições apresentadas no momento que trazem exemplos e fatos para justificar as respostas das questões escolhidas. Isso mostra o potencial dos estudantes sobre a produção de conhecimento científico e culmina no minicongresso escolar como meio de trazer novas informações e divulgar conhecimento à comunidade escolar.

A partir do material empírico analisado e a posterior identificação de cinco eixos de análise, a produção dos estudantes revelou elementos característicos da abordagem da ACT como aspectos técnico-científicos, etimológicos, históricos, epistemológicos, aspectos de comunicação de massa, científico-tecnológico, sociais, financeiros, tecnológicos, econômicos e políticos. A produção possui qualidade e a proposta aplicada mostrou resultados consistentes entre o objetivo da pesquisa e intenção didática, demonstrando ligações claras a partir da prática pedagógica desenvolvida e os aspectos já salientados pelo enfoque da alfabetização científica e técnica para a formação cidadã.

No que concerne à alfabetização científica e técnica dos estudantes, posso afirmar de forma determinista que os elementos identificados nos *webfólios* coadunam de maneira mais geral com o que propõe Fourez (1994), e me permitiu identificar estudantes com capacidade plena de discutir as descobertas da ciência e das tecnologias desenvolvidas para o meio social. Além disso, apropriaram-se de conceitos científicos, integrando valores formativos, alinhando conhecimentos que foram além do que estava proposto em sala de aula e se aprofundando sobre uma dimensão mais ampla sobre os conhecimentos científico-tecnológicos a partir das lições da sequência didática.

Nesse contexto, a sequência didática foi pensada com um foco maior no processo de construção de um produto educacional, ao passo que o maior aproveitamento nessa elaboração surtiu efeito na aprendizagem do conhecimento científico, ou seja, a aprendizagem será uma implicação direta dos critérios didático-pedagógicos estabelecidos no material didático.

Além das considerações explanadas, reitero que a construção da sequência didática com apoiada no referencial da DBR-TLS favoreceu a aprendizagem dos estudantes como

propõe a ACT, principalmente pela qualidade do material material fornecido e pela produção dos estudantes, que se deu a partir do meu controle na qualidade das fontes quando os estudantes pesquisavam, a minha orientação “cuidadosa” para os referenciais de pesquisa, bem como o acompanhamento passo-a-passo detacou alta qualidade na escrita dos *webfólios*.

Dentre os resultados explanados, alguns resultados de nossos estudos e pesquisas já foram publicados em anais de eventos internacionais, como no Encontro Internacional sobre a Formação Docente para Educação Básica e Superior (RODRIGUES-MOURA e BRITO, 2015) e na II Conferência Mundial de Ensino de Física (RODRIGUES-MOURA, RODRIGUES e BRITO, 2016). Já estamos nos organizando para publicação de trabalhos em revistas de ensino de física e de educação em ciências.

A aproximação com o referencial teórico dos referidos trabalhos potencializa o desenvolvimento de nossa sequência didática, enquanto produto educacional, de forma a buscar outras relações entre a ciência e as tecnologias vigentes, a partir de uma abordagem contendo um tema fortemente associado à realidade da população mundial, sendo também divulgado amplamente pelas mídias nos últimos anos.

A associação do material desta dissertação com outros referenciais teóricos é factível e pertinente. Em consonância com a abordagem temática com fundamento freireano será proposta um aprofundamento nas bases do ensino com enfoque CTS – Ciência-Tecnologia-Sociedade (e.g. SANTOS, SCHNETZLER, 2010), para assim fortalecermos o desenvolvimento de valores relacionados à cidadania. A convergência entre os fundamentos pedagógicos de Freire e do ensino de ciências com enfoque CTS vem sendo evidenciada por diversos estudos como os de Auler (2007), Auler, Dalmolin e Fenalti (2009), Auler e Delizoicov (2006), Brito (2011); Nascimento e Lisingen (2006) e Santos (2008).

Com os dados obtidos neste trabalho, é importante ressaltar que um novo estudo investigativo pode trazer perspectivas importantes a serem destacadas, uma vez que este servirá como fonte de pesquisa e será incluído na literatura como um material didático-pedagógico sobre a aplicação da temática física de partículas, voltado para o nível médio de uma escola pública.

Para além da avaliação feita sobre a sequência didática e sua primeira implementação no contexto de sala de aula, temos um produto educacional com potencial didático pronto para ser aplicado e aperfeiçoado a cada reaplicação. Dos resultados já obtidos temos maiores pretensões como produzir trabalhos científicos para publicação em periódicos ou eventos sobre o estudo e investigações para o ensino de ciências/física; bem como, catalogar o material bibliográfico produzido para fonte de pesquisa na biblioteca da universidade e na

escola pesquisada, para que acadêmicos e outros professores-pesquisadores tenham acesso e possam consultá-lo como um referencial didático-pedagógico que mostra resultados satisfatórios para a produção de conhecimento de estudantes da educação básica.

## REFERÊNCIAS

ABRANTES, N. N. F. de. Trabalho e estudo: uma conciliação desafiante. In: **Fórum Internacional de Pedagogia**, 4, 2012, Parnaíba – PI. Anais (on-line). Parnaíba – PI: FIPED, 2012. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/fiped>. Acesso em 13 de julho de 2014.

AULER, D. Articulação entre Pressupostos do Educador Paulo Freire e do movimento CTS: novos caminhos para a educação em ciências. **Contexto e Educação**, v.22, n.77, p.167-188, 2007.

\_\_\_\_\_; DALMOLIN, A. M. T.; FENALTI. Abordagem Temática: natureza dos temas em Freire e no enfoque CTS. **Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.2, n.1, p.67-84, mar. 2009.

\_\_\_\_\_; DELIZOICOV, D. Educação CTS: articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e referenciais ligados ao movimento CTS. In: **SEMINÁRIO IBÉRICO CTS NO ENSINO DAS CIÊNCIAS – Las Relaciones CTS en la Educación Científica**, 4, 2006.

BARAB, S.; SQUIRE, K. Design-Based Research: putting a stake in the ground. **Journal of the Learning Sciences**, 13:1, 1-14, 2004.

BERNERS-LEE, T. **Frequently asked questions by the Press: spelling of WWW**. 2001. Disponível em <<https://www.w3.org/People/Berners-Lee/FAQ.html#Spelling>>. Acesso em 20 de janeiro de 2016.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. – Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 1996.

\_\_\_\_\_. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Resolução nº 2, de 30 de janeiro de 2012. Define Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. – Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012.

\_\_\_\_\_. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

BRITO, Licurgo Peixoto de. Ensino de Física Através de Temas: uma Experiência de ensino na Formação de Professores de Ciência. In: **VII Congresso Norte-Nordeste de Educação em Ciência e Matemática – CNNECIM**. Belém, 2004.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Pesquisa de Estágio Pós Doutoral PROCAD**. Desenvolvido na Universidade Federal de Santa Catarina sob supervisão do Dr. José André Peres Angotti, Florianópolis, Santa Catarina, 2011.

BROCKINGTON, G.; **A Realidade escondida: a dualidade onda-partícula para alunos do Ensino Médio**. Dissertação de mestrado. São Paulo: IF/FEUSP. 2005.

BROWN, A. L. Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. **The Journal of Learning Sciences**, vol. 2(2), p14-17, 1992.

CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. (Org.). **A necessária renovação do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CAPES. **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Cartilha do Portal de Periódicos**. / 2014. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/images/documentscartilha%20portugues.pdf>>. Acesso em: 20 de julho de 2015.

CHASSOT, A. **Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação**. Ijuí: Editora da Unijuí, 2000.

CHINELLI, M. V.; FERREIRA, M. V. S.; AGUIAR, L. E. V. Epistemologia em sala de aula: a natureza da ciência e da atividade científica na prática profissional de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 1, p. 17-35, 2010.

COLLINS, A. **Toward a Design Science of Education**. Technical report n.1. New York: Center of Technology in Education, 1992. Disponível em <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED357733.pdf>. Acesso em 12 de maio de 2015.

\_\_\_\_\_; JOSEPH, D.; BIELAZYC, K. Design Research: Theoretical and Methodological Issues. **The Journal of Learning Sciences**, vol. 13(1), p15-42, 2004.

COLOMBO, C. R.; BAZZO, W. A. Educação tecnológica contextualizada, ferramenta essencial para o desenvolvimento social brasileiro. **Revista de Ensino de Engenharia**, Brasília, v. 20, n.1, p. 9-16, 2001.

CORRÊA, R. W. **Implementação de uma sequência de ensino e aprendizagem sobre tópicos de astrofísica de partículas para o ensino médio**. Dissertação. Universidade de São Paulo, 2015.

COSTA, M. da. **Uma abordagem histórico-didática com auxílio de multimídias para o ensino de partículas elementares do ensino médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática), Universidade Estadual de Londrina, Curitiba, 2015.

DBR COLLECTIVE, Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. **Educational Researcher**, vol. 32 (5) pp. 1-5, 2003.

DEDE, C. Why design-based research is both important and difficult. **Educational Technology** 45, 1, 5-8, 2005.

DELIZOICOV, D. Problemas e problematizações. In: PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Florianópolis: UFSC, p. 125-150, 2005.

\_\_\_\_\_; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2011.

DUARTE, R. P. Cooperação Internacional para o Desenvolvimento em Ciência e Tecnologia: a participação brasileira na organização europeia para pesquisa nuclear (CERN). **J. Technol. Manag. Innov.** v.3(4), 2008.

DUMAS, V. **A origem da internet: a história da rede de computadores criada na Guerra Fria que deu início à Terceira Revolução Industrial**. 2014. Disponível em

[http://www2.uol.com.br/historiaviva/reportagens/o\\_nascimento\\_da\\_internet.html](http://www2.uol.com.br/historiaviva/reportagens/o_nascimento_da_internet.html). Acesso em 12 de janeiro de 2016.

FAZIO, C.; GUASTELLA, I.; SPERANDEO-MINEO, R. M.; TARANTINO, G. Modelling Mechanical Wave Propagation: Guidelines and experimentation of a teaching-learning sequence. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 11, pp. 1491–1530, 2008.

FERREIRA, N. S. de A. As pesquisas denominadas “Estado da Arte”. **Educação & Sociedade**, ano XXIII, n.79, agosto de 2002.

FILGUEIRA, S. S.; SOARES, M. H. F. B. O lúdico no ensino de física: elaboração e desenvolvimento de um minicongresso com temas de física moderna. In: **Anais do Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 28, 2008, Vitória, 2008.

FITA, E. C. O professor e a motivação dos alunos. In: TAPIA, J. A.; FITA, E. C. **A motivação em sala de aula: o que é, como se faz**. 5. ed. São Paulo: Loyola, 2003, p. 65-135.

FONSECA-FILHO, C. **História da computação: o caminho do pensamento e da tecnologia**. – Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. 205 p.

FOUREZ, G. **Alphabétisation Scientifique et Technique: essai sur les finalités de l’enseignement des sciences**. Bruxelas: DeBoeck-Wesmael, 1994.

\_\_\_\_\_. Crise no ensino de ciências (Crisis in science teaching?). **Investigações em Ensino de Ciências**. v8(2), pp. 109-123, 2003.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. In: **Revista de Administração de Empresas**, v.35, n.2, mar/abr. 1995.

JESUS-NETO, T. de J. **Imagens, conhecimento físico e ensino de partículas elementares: discursos na formação inicial de professores de física**. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

KABAPINAR, F.; LEACH, J.; SCOTT, P. The design and evaluation of a teaching-learning. **International Journal of Science Education**, 26(5), 635–652, 2004.

KARAM, R.; PIETROCOLA, M. Formalização matemática x física moderna no ensino médio: é possível solucionar esse impasse? In: **XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Curitiba, 2008.

KLEIN, T. A. S.; LABURÚ, C. E. Imagem e ensino de ciências: análise de representações visuais sobre dna e biotecnologia segundo a retórica da conotação. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis, 2009.

KNEUBIL, F. B. Explorando o CERN na física do ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, 2013.

\_\_\_\_\_. **O percurso epistemológico dos saberes e a equivalência massa-energia**. Tese (Doutorado em Educação), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

KORTLAND, J.; KLAASSEN, K. (Eds.). **Designing Theory-Based Teaching-Learning Sequences for Science Education** (Utrecht: CDBeta Press), 157- 174.

KUBATA, Laura *et al.* A Postura do Professor em Sala de Aula: atitudes que promovem bons comportamentos e alto rendimento educacional. **Revista Eletrônica de Letras**, v. 3, n. 1, 2012.

LEMKE, J. L. Investigar para el Futuro de la Educación Científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir, **Enseñanza de las Ciencias**, v.24, n.1, 5-12, 2006.

LIJNSE, P. Developmental research as a way to an empirically based didactical structure of science. **Science Education**, v. 79, n. 2, p. 189-199, 1995.

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

MARINHO, S. P. P. **Blog na Educação & Manual Básico do Blogger**. Instituto de Ciências Humanas da PUC-MG, Belo Horizonte, MG, 2007.

MARTIN, J. **Cultures in organizations**: three perspectives. New York: Oxford University Press, 1992.

MARTINHO, T.; POMBO, L. Potencialidades das TIC no ensino das Ciências Naturais: um estudo de caso. **Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, n. v. 8, n. 2, p. 527-538, 2009.

MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: aims and tools for Science education research. **International Journal of Science Education**, 16, 515-535, 2004.

MORAES, R. Análise de conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

\_\_\_\_\_; GALIAZZI, M. C. Análise textual discursiva: processo construído de múltiplas faces. **Ciência & Educação**, v.12, n.1, p.117-128, 2006

\_\_\_\_\_. **Análise Textual Discursiva**. Ijuí: Editora Unijuí, 2011.

\_\_\_\_\_. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, v.9, n. 2, p.191-211, 2003.

MOREIRA, M. A. Partículas e interações. **Física na Escola**, v.5, n.2, 2004.

MOURA, S. R. **Física de partículas no ensino médio**: análise da produção do conhecimento no período de 2004 a 2014. Monografia (Especialização em Docência Universitária com Ênfase em Educação), Universidade do Estado do Pará, São Miguel do Guamá, 2014.

\_\_\_\_\_; RAMOS, G. C.; FREITAS, A. M. L.; SILVA, A. D. L. Química ou física quântica? A percepção dos alunos do ensino médio sobre os conteúdos da mecânica moderna. In: Simpósio Brasileiro de Educação Química, XI. **Anais do XI SIMPEQUI**, Teresina, 2013.

\_\_\_\_\_; RAMOS, G. C.; WATANABE, L. A.; ACÁCIO, A.; FILHO, M. R. E. Quarks, elétrons, fótons e glúons... Bem-vindas: as partículas elementares no ensino médio. In: **XXI**

**Simpósio Nacional de Ensino de Física SNEF 2015**, 2015, Uberlândia - MG. Anais do XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2015.

\_\_\_\_\_; RAMOS, G. C.; WATANABE, L. A.; FILHO, M. R. E. Física de partículas no ensino médio: análise de conteúdos nos livros didáticos. **In: XXXII Encontro de Físicos do Norte e Nordeste - EFNNE, 2014**, João Pessoa - PB. Anais do XXXII Encontro de Físicos do Norte e Nordeste, 2014.

\_\_\_\_\_; SANTOS, A. S.; RAMOS, G. C.; WATANABE, L. A.; FREITAS, A. M. L.; FREITAS, B. L. G.; ROCHA, J. S. Os átomos existem? Um estudo analítico acerca da formação de conceitos, da existência dos átomos e das partículas elementares da matéria com alunos do ensino médio. **In: 12º Simpósio Brasileiro de Educação Química, 2014**, Fortaleza - CE. Anais do 12º Simpósio Brasileiro de Educação Química, 2014.

\_\_\_\_\_; SILVA, T. S.; RAMOS, G. C.; WATANABE, L. A.; FILHO, M. R. E. A visão quântica do átomo e suas partículas elementares: uma análise nos livros didáticos do ensino médio. **In: 54 Congresso Brasileiro de Química, 2014**, Natal - RN. Anais do 54 Congresso Brasileiro de Química, 2014.

\_\_\_\_\_; SILVA, T. S.; RAMOS, G. C.; WATANABE, L. A.; FILHO, M. R. E. Estrutura fundamental da matéria: o que os alunos sabem sobre átomos, elétrons, prótons, quarks, fótons e as partículas elementares?. **In: 54 Congresso Brasileiro de Química, 2014**, Natal - RN. Anais do 54 Congresso Brasileiro de Química, 2014.

NASCIMENTO, I. S.; SILVA, J. B.; CAVALCANTE, P. S. **O ensino de ciências e sua relação com as novas tecnologias**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Pedagogia), Centro de Educação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

NICOLAU-JÚNIOR, J. L. **Estrutura didática baseada em fluxo**: relatividade restrita para o ensino médio. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2014.

NOGUEIRA, L. C.; ULBRICHT, V. R. **A Web 2.0**. 2008. Disponível em <<http://portal.anhembibr/sbds/pdf/3.pdf>>. Acesso em 02 de fevereiro de 2016.

OSTERMANN, F. Um texto para professores do Ensino Médio sobre Partículas Elementares e Interações Fundamentais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.21, n.3, 1999.

\_\_\_\_\_; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.5, n.1, 2000.

\_\_\_\_\_; CAVALCANTI, C. J. H. Um pôster para ensinar Física de Partículas na escola. **Física na Escola**, v.2, n.1, 2001.

PAOLIELLO, C. M.; FURTADO, A. L. **Sistemas de informação para comércio eletrônico**. Departamento de Informática da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2004. Disponível em <[ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/04\\_27\\_paoliello.pdf](ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/04_27_paoliello.pdf)>. Acesso em 02 de fevereiro de 2016.

PENA, F. L. A. Por que, nós professores de física do ensino médio, devemos inserir tópicos e ideias de física moderna e contemporânea na sala de aula? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 28 (1), 1-2, 2006.

PEREIRA, M. R. **História da ciência no ensino médio**: experimentos de Lazzaro Spallanzani sobre reprodução animal. Tese (Doutorado em Ciências), Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2014.

PERES, A. C. F. Os desafios da adaptação escolar na educação infantil: experiências significativas. In: **EDUCASUL**, 1, 2010, Florianópolis. Anais (on-line). Florianópolis: EDUCASUL, 2010. Disponível em: <http://www.educasul.com.br/2010/ocongresso.html>. Acesso em 02 de julho de 2014.

PERFOLL, A. P.; REZENDE Jr. M. F. A Física Moderna e Contemporânea e o ensino de Engenharia: Contexto e Perspectivas, In: **Atas do XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA**, Passo Fundo: ABENGE, 2006.

PESSANHA, M. C. R. **Estrutura da Matéria na Educação Secundária**: obstáculos de aprendizagem e o uso de simulações computacionais. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R. **Física em Contextos**: eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas, matéria e radiação. São Paulo: editora FTD, 2010.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. O contexto científico-tecnológico e social acerca de uma abordagem crítico-reflexivo: perspectiva e enfoque. **Revista Iberoamericana de Educacion**, n. 49 (1), 2009.

PINTO, L. T. **O uso dos jogos didáticos no ensino de ciências no primeiro segmento do ensino fundamental da rede municipal pública de Duque de Caxias**. 132f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, 2009.

PLOMP, T. Educational Design Research: an introduction. In: T. Plomp; N. Nieveen (Eds.). An introduction to education to educational design research. **Proceedings of the seminar conducted at the East China Normal University**, Shanghai (PR China), 23-26 nov. de 2007, 9-35, 2009.

PRESTES, M. E. B.; CALDEIRA, A. M. A. Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 1-16, 2009.

RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C. A. A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 251-266, 2007.

RODRIGUES, C. **O uso de blogs como estratégia motivadora para o ensino de escrita na escola**. Dissertação (Mestrado em Linguística Aplicada), Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2008.

RODRIGUES, A. G. **Relatório de Pesquisa de Estágio Pós Doutoral**: Investigações sobre Metodologias de Design Based-Research (DBR) e Produção de Sequência de Ensino-

Aprendizagem (TLS) com Tópicos de Física Moderna no Contexto de Ensino Superior. Desenvolvido na Universidade São Paulo sob supervisão do Prof. Dr. Maurício Pietrocola, São Paulo, 2015.

\_\_\_\_\_; PIETROCOLA, M.; PIQUEIRA, C. R. J. Elaboração de uma Sequência Didática de Ensino Aprendizagem com tópicos de Mecânica Quântica para cursos de Engenharia. In: **XL CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**. Belém-PA, 2012.

RODRIGUES-MOURA, S.; BRITO, L. P. de. Ensino de física através de temas contemporâneos com enfoque CTS: uma discussão teórico-metodológica. In: VI Encontro Inter-Regional Norte, Nordeste e Centro-Oeste sobre Formação Docente para Educação Básica e Superior (ENFORSUP) e I Encontro Internacional sobre a Formação Docente para Educação Básica e Superior (INTERFOR). **Anais do VI ENFORSUP e I INTERFOR**, Brasília, 2015.

\_\_\_\_\_. de. Ensino de física através de temas contemporâneos com enfoque CTS: uma discussão teórico-metodológica. **Revista Informação**, v.1, n.2, 143-157, 2016.

\_\_\_\_\_; RODRIGUES, A. G.; BRITO, L. P. de. Design and application of a sequence of teaching-learning about particle physics based on DBR-TLS method with a view to scientific and technological literacy. **Anais do 2nd. World Conference on Physics Education**. São Paulo, 10-15 de julho de 2016.

ROSA, P. R. da S. O uso dos recursos audiovisuais e o ensino de ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 17, n. 1: p. 33-49, abr. 2000.

SÁ-CHAVES, I. (Org.). **Os “portfólios” reflexivos (também) trazem gente dentro**. Reflexões em torno do seu uso na humanização dos processos educativos. Porto: Porto Editora, 2005.

SANTOS, W.L.P. dos; Educação Científica Humanística em Uma Perspectiva Freireana: Resgatando a Função do Ensino de CTS. **Revista de Educação em Ciências e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 109-131, 2008.

\_\_\_\_\_; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. 4. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010.

SARMENTO, A. C. de H.; MUNIZ, C. R. R.; SILVA, N. R. da et al. Investigando princípios de design de uma sequência didática sobre metabolismo energético. **Revista Ciência & Educação (Bauru)**, 19(3), 573-598, 2013.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.16(1), pp. 59-77, 2011.

SCHWARTZMAN, S. A Pesquisa Científica e o Interesse Público. **Revista Brasileira de Inovação**, v.1, n.2, 2002.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 22. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

SILVA, E. L. da; BEJARANO, N. R. R. As tendências das sequências didáticas de ensino desenvolvidas por professores em formação nas disciplinas de estágio supervisionado das Universidades Federal de Sergipe e Federal da Bahia. In: **IX CONGRESSO**

**INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS**, Girona, 9-12 de setembro de 2013, p. 1942-1948.

SIQUEIRA, M.; **Do visível ao invisível**: uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio. Dissertação de Mestrado. São Paulo: IF/FEUSP, 2006.

\_\_\_\_\_; PIETROCOLA, M.; A Transposição Didática aplicada a teoria contemporânea: A Física de Partículas elementares no Ensino Médio. In: **X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Londrina. 2006.

SOUZA, F. L.; MARTINS, P. Ciência e Tecnologia na Escola: desenvolvendo cidadania por meio do projeto “biogás – energia renovável para o futuro”. **Química Nova na Escola**, v.33, n.1, fevereiro de 2011.

TERRAZAN, E. A. A inserção de 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, dez, 1992.

TUFFANI, M. **Ciência, Tecnologia & Inovação na Mídia Brasileira**: conhecimento gera desenvolvimento. 2009. Disponível em <<http://www.andi.org.br/file/50197/download?token=JSU2LhPj>>. Acesso em 10 de fevereiro de 2016.

WANG, H.; HANNAFIN, M. J. Design-based research and technology-enhanced learning environments. **Educational Technology Research & Development**, 53(4), 5-23, 2005.

WERTHEIN, J.; CUNHA, C. (Orgs.). **Investimentos em Educação, Ciência e Tecnologia**: o que pensam os jornalistas. – 2. ed. – Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009.



**APÊNDICES**



**APÊNDICE A - FOTOS DO I MINICONGRESSO ESCOLAR SOBRE FÍSICA DE PARTÍCULAS**



Foto 1: Público visitando o Minicongresso



Foto 2: Apresentação sobre a física e WWW



Foto 3: Exposição da física e suas aplicações



Foto 4: Acelerador de partículas brasileiro



Foto 5: Maquete do SIRIUS



Foto 6: Maquete do LHC



Foto 7: Exposição da maquete do LHC



Foto 8: Varal atômico



Foto 9: Evolução dos modelos atômicos



Foto 10: Maquete das partículas elementares

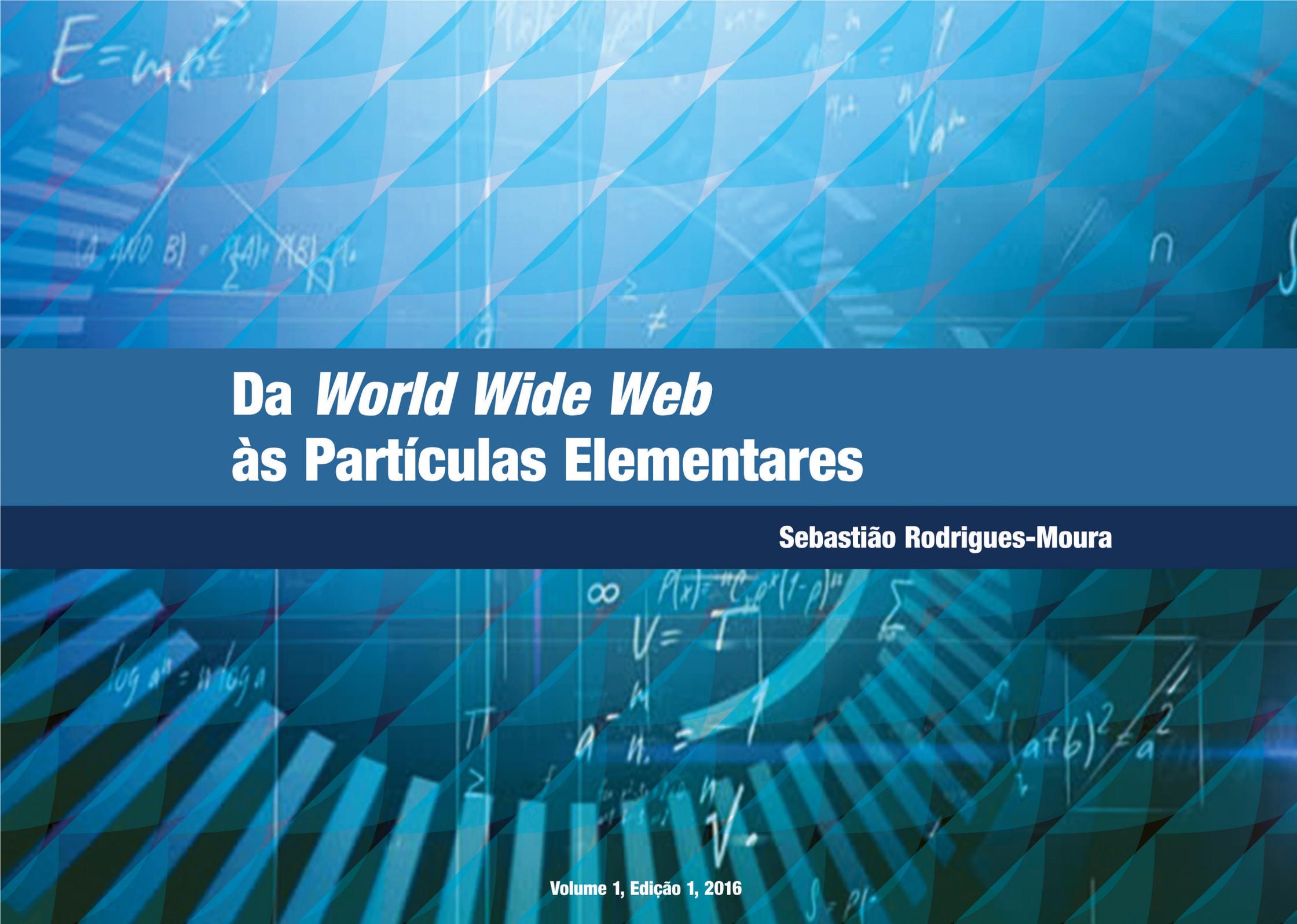


Foto 11: Exposição das partículas elementares



Foto 12: Equipe de minicongressistas

**APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL**



**Da *World Wide Web*  
às Partículas Elementares**

**Sebastião Rodrigues-Moura**

Volume 1, Edição 1, 2016

## Apresentação

É com imensa satisfação que apresentamos a você o material didático sobre física de partículas elementares para contribuir à sua ação docente no ensino médio. Trata-se de uma sequência didática contendo seis lições, nas quais pusemos o tema introdutório sobre o surgimento da *WWW (World Wide Web)* até às partículas elementares da matéria. Você é nosso convidado especial para embarcar em uma viagem pelo charme e pela estranheza do mundo quântico da constituição mais elementar dos constituintes do Universo.

A proposta apresenta uma estreita relação entre os estudantes e sobre o papel do professor mediador das intervenções pedagógicas nas atividades a serem desenvolvidas e, nesse intuito, aspectos do conhecimento científico podem ser utilizados no desenvolvimento da aprendizagem, como o uso de analogias entre o conhecimento científico e o mundo vivencial dos estudantes. Dessa forma, um conteúdo científico que gera novas representações de conceitos e suas relações com os objetivos das atividades propostas pelo professor é mais bem observado.

Aproveite o material!

“O desejo profundo da humanidade pelo conhecimento é justificativa suficiente para nossa busca contínua.”

STEPHEN HAWKING

## Equipe de trabalho



### **Sebastião Rodrigues- Moura**

Mestre em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Especialista em Docência Universitária com ênfase em Educação pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Licenciado Pleno em Ciências Naturais - com habilitação em Física pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Professor de Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA). Tem experiência em educação em ciências, com ênfase na linha de Ensino de Física Moderna e Contemporânea, atuando principalmente nos seguintes temas: abordagem temática para o ensino de ciências, design e validação de seqüências didáticas baseadas no método DBR-TLS e ensino de física através de temas contemporâneos.



### **Alexandre Guimarães Rodrigues**

Mestre e doutor em Física pela Universidade de São Paulo (USP) e bacharel em Física pela Universidade Federal do Pará (UFPA). No período de 2004 à 2005 participou como pós-doc no Projeto Milênio de Informação Quântica na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). É Professor Associado I da Universidade Federal do Pará. Iniciou pesquisas na área de ensino de física. Realizou entre os anos de 2012 e 2013 Pós-Doutoramento na Universidade de São Paulo nessa área sob supervisão do professor Maurício Pietrocola (FE-USP). Coordena desde 2011 o PCNA, programa de assistência estudantil de cunho didático-pedagógico interligado à questões de ensino-pesquisa e extensão na UFPA.



### **Licurgo Peixoto de Brito**

Doutor em Geofísica pela Universidade Federal do Pará (UFPA), licenciado em Ciências Naturais e Física pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Atualmente é professor Associado IV da Universidade Federal do Pará, lotado no Instituto de Ciências Exatas e Naturais e no Instituto de Educação Matemática e Científica, atuando na graduação e na pós-graduação em ambos. Possui experiência em Gestão Acadêmica tanto na Universidade quanto na Secretaria de Estado de Educação do Pará onde atuou por cinco anos e meio, e participou de diversas comissões junto ao MEC, INEP e CAPES onde atualmente compõe o Conselho Técnico-Científico da Educação Básica (gestão 2011-2014 e gestão 2014-2017). Já desenvolveu pesquisas na área de Geociências, com ênfase em Métodos Eletromagnéticos, e atualmente dedica-se à pesquisa em Ensino de Ciências com enfoque CTS, atuando principalmente em Ensino de Física Através de Temas, com ênfase em temas regionais da Amazônia.

## “DA WORLD WIDE WEB ÀS PARTÍCULAS ELEMENTARES”

Caro professor,

É com imensa satisfação que apresentamos a você o material didático sobre física de partículas elementares para contribuir à sua ação docente no ensino médio. Trata-se de uma sequência didática contendo seis lições, nas quais pusemos o tema introdutório sobre o surgimento da *WWW (World Wide Web)* até às partículas elementares da matéria. Você é nosso convidado especial para embarcar em uma viagem pelo charme e pela estranheza do mundo quântico da constituição mais elementar dos constituintes do Universo.

A proposta apresenta uma estreita relação entre os estudantes e sobre o papel do professor mediador das intervenções pedagógicas nas atividades a serem desenvolvidas e, nesse intuito, aspectos do conhecimento científico podem ser utilizados no desenvolvimento da aprendizagem, como o uso de analogias entre o conhecimento científico e o mundo vivencial dos estudantes. Dessa forma, um conteúdo científico que gera novas representações de conceitos e suas relações com os objetivos das atividades propostas pelo professor é mais bem observado.

Nossa sugestão é que este material didático esteja sempre acompanhado do “*Guia Didático*”, no qual apresentamos orientações com discussões pertinentes sobre as lições apresentadas e as atividades a serem desenvolvidas em sala de aula. Outra sugestão é que para os estudantes sejam disponibilizados apenas as lições e o modelo de *webfólio* proposto para a construção de conhecimentos. Por isso o professor deve estar atento ao conjunto de informações sobre a presente sequência didática.

Aproveite esse material!

# “DA *WORLD WIDE WEB* ÀS PARTÍCULAS ELEMENTARES”

## APRESENTAÇÃO



**Há 20 anos, a *WWW* era criada**

*Sistema nasceu em um escritório no laboratório europeu CERN, permitindo a criação de serviços tão importantes quanto a televisão e o rádio*

06/08/2011 às 13:47

A web faz 20 anos neste sábado. O primeiro website nasceu no dia 6 de agosto de 1991 no escritório do engenheiro inglês Tim Berners-Lee, na época funcionário do CERN, o laboratório de pesquisas atômicas da Europa. Comumente confundida com a própria internet, a web se tornou uma plataforma de comunicação tão importante quanto o rádio e a televisão. O sistema de publicação conhecido como *WWW* nasceu com a ideia de que qualquer pessoa poderia compartilhar conhecimento utilizando uma linguagem de publicação.

A web foi então construída em cima da própria internet, a rede mundial que liga todos os computadores. De lá para cá, grandes empresas surgiram dependendo exclusivamente dela. É o caso do gigante dos gigantes Google e Amazon.

Além disso, a web permitiu o nascimento de ferramentas de comunicação como o Facebook. Cerca de 71% dos adultos americanos estão na rede social, que conta com mais de 500 milhões de usuários em todo o mundo.



A *WWW* é um sistema onde documentos podem ser publicados e posteriormente acessados por meio de um browser, como o Internet Explorer, o Mozilla Firefox e o Google Chrome.

Adaptado de: <<http://veja.abril.com.br/noticia/vida-digital/ha-20-anos-a-world-wide-web-era-criada/>>.  
Acesso em 20 de maio de 2015

## SISTEMATIZAÇÃO DE IDEIAS

### QUESTÕES PARA REFLEXÃO:

- 1) O que é a *WWW* e qual sua utilidade? Comente.
- 2) Internet e a *WWW* são a mesma ferramenta tecnológica? Ou existe diferença entre elas? Discutam.
- 3) Qual a relação entre a origem da *WWW* e a ciência básica? Explique.

## LIÇÃO 1 O SURGIMENTO DA WWW (WORLD WIDE WEB)

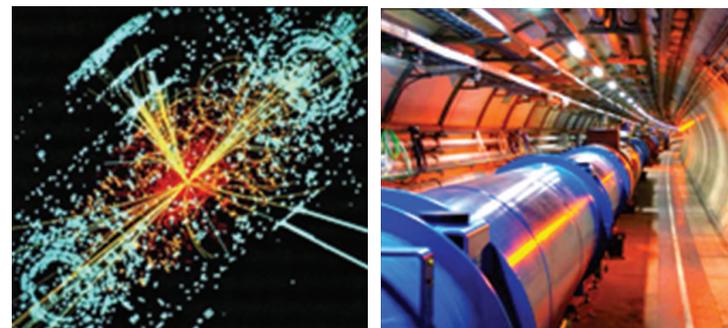
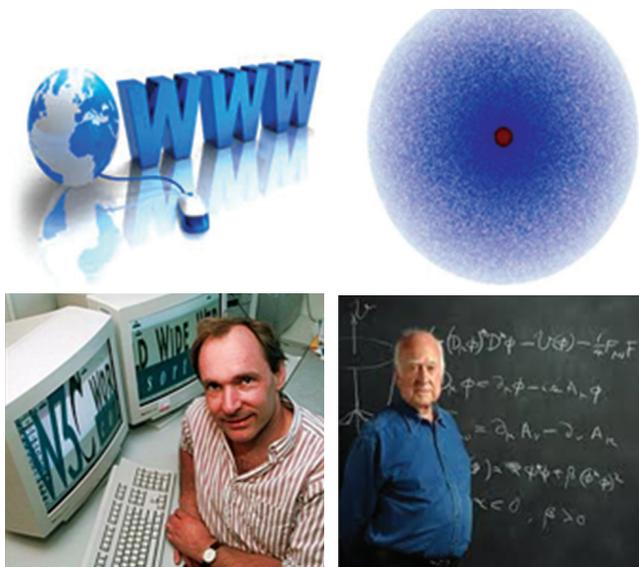
### APRESENTAÇÃO

Olá,

Vamos iniciar uma viagem quântica pela estranheza e charme do mundo das partículas elementares que compõem toda a matéria que compõem o Universo?

Embarque nesse conhecimento!

Para iniciar, vamos participar da atividade “*Imagens na Tela*”. Observe as imagens mostradas pelo seu professor, como as que seguem, que estão diretamente relacionadas com o nosso tema de estudo.



Identifique as imagens que você conhece. Procure relacioná-las com algum assunto já visto na sua formação educacional, justificando o que significam.

As imagens foram retiradas diretamente de pesquisas do site <http://images.google.com/>.

A critério do professor outras imagens poderão ser utilizadas.

### APROFUNDAMENTO DO ASSUNTO

A história da *WWW (World Wide Web)* e da comunicação mundial começa em março de 1989 na Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear, mais conhecida como CERN (antigo acrônimo para *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*), no qual há atualmente uma comunidade extensa que inclui mais de 10.000 cientistas de mais de 100 países e está localizado na região em Genebra, na fronteira Franco-Suíça. O físico britânico Tim Berners-Lee propôs um projeto para a gestão de informações que ali eram produzidas, mostrando que as mesmas poderiam ser transferidas facilmente por meio de uma rede de computadores entre os cientistas de outros laboratórios.

Berners-Lee, contratado como engenheiro de *software* no CERN, criou documentos em hipertexto interligados em outros ficheiros do seu computador. Com isso, ampliou a ideia de que através da internet tais documentos poderiam ser compartilhados em outros computadores e desenvolveu o sistema *HTML* (*HyperText Make-up Language*), projetando assim páginas com endereço único – as *URLs* (*Uniform Resource Locator*). Para agilizar o compartilhamento dos documentos criou um conjunto de regras conhecido como *HTTP* (*HyperText Transfer Protocol*) que permitiu a ligação entre os documentos em outros computadores.

No seu projeto de gestão de informações para a criação da *WWW* no CERN, Berners-Lee justificou sua proposta pelo fato de haver um problema na alta rotatividade de cientistas e que muitas informações eram perdidas, haja vista que novas pessoas ali integrariam a organização e os novos membros necessitavam de muito tempo e orientação para compreender as atividades ali desenvolvidas. Nesse sentido, assegurou que se os experimentos no CERN fossem executados uma única vez, todos os dados poderiam ser projetados numa espécie de um grande livro que, juntamente com a mudança de ideias e o avanço das tecnologias disponíveis, mantinham-se nesse livro atualizados e a sua estrutura seria apenas revisada.

A finalidade de criação da *World Wide Web* deu-se prioritariamente para que os físicos do CERN pudessem compartilhar as informações sobre os aceleradores e os experimentos para investigar a estrutura da matéria. Numa fração infinitesimal de segundos são processados bilhões de processos físicos envolvendo colisões de partículas na busca de uma estrutura elementar, capaz de explicar fenômenos como a origem e evolução do Universo a partir do *Big Bang* e a própria natureza de partículas que compõem a matéria, por exemplo.

## RECURSOS MIDIÁTICOS

- 1) Vídeo “*História de Tim Berners-Lee*”. Duração: 3min e 16s. (Disponível em [https://www.youtube.com/watch?v=PoxvZBszR\\_4](https://www.youtube.com/watch?v=PoxvZBszR_4).)

## SISTEMATIZAÇÃO DE IDEIAS

### ATIVIDADE PARA A TURMA

- 1) Criar um *blog* sobre o assunto para grupos de discussão e postagem dos *webfólios* produzidos pelos estudantes. O professor será o administrador do *blog*. A turma irá discutir e escolher um título para o *blog* que ficará disponível para os usuários acessarem e deixar suas sugestões, críticas e considerações.

### QUESTÕES PARA REFLEXÃO:

- 1) A história do surgimento da *World Wide Web* muitas vezes se confunde com a origem da internet. A internet e a *WWW* revolucionaram o funcionamento tradicional das sociedades ditas modernas e mudou radicalmente o modo de pensar das pessoas. Porém existe uma distinção entre as origens da *WWW* e da internet (ou Internet?). Analise a origem dessas ferramentas e o objetivo de criação.
- 2) Com o surgimento da *WWW* no CERN muito conhecimento de ciência básica foi compartilhado entre os cientistas e até hoje muitas pessoas têm acesso a essas informações. As grandes descobertas apareceram no campo da física de partículas, em que desvendaram as

partículas que estruturam o Universo é uma questão fantástica para a ciência e para a produção de tecnologias que forneçam o bem-estar para a sociedade. De um lado temos os avanços científicos, já de outro surgem questões de interesses como de luta política, que envolve decisões de pessoas e grupos de pessoas que repercutem sobre outros seres, e que, portanto, são objetos de avaliação moral. Como você analisa a ética na busca do conhecimento científico quando muitos outros fatores interferem?

- 3) Berners-Lee, o criador da *WWW* no CERN, deixou sua ideia disponível livremente, sem patente e sem royalties devidos. Com base nessa informação, como você julga o desenvolvimento do conhecimento científico imune à influências políticas e econômicas, pensadas muitas vezes apenas para um grupo restrito de pessoas?
- 4) Apesar do objetivo inicial de criação da *WWW* ter sido um, muito mudou de lá pra cá com a difusão do conhecimento na internet, por exemplo. No campo da educação, as vantagens do uso dessa ferramenta se dão por permitirem o uso de conteúdos multimídias, um ambiente interativo e integrado e favorece que o estudante seja ativo no processo de descoberta de novos conhecimentos. Diante dessa possibilidade, teça considerações que sejam motivadoras para o uso da *web* na educação.

## LIÇÃO 2

## EXPERIMENTOS E COLISÕES: USO DE MODELOS PARA COMPREENDER A MATÉRIA

### APRESENTAÇÃO

Olá,

Vamos continuar nossa viagem quântica?

Na nossa viagem vamos nos deparar com alguns modelos, instrumentos muito importantes para os cientistas.

Para melhor conduzirmos esta lição, vamos participar da atividade “*Explorando os modelos*” (Adaptado de Gurgel e Pietrocola, 2011).

Você irá receber algumas “petecas” e irá projetá-las na direção abaixo de maquetes feitas de telas retangulares de isopor, nas quais há por baixo obstáculos de diferentes formas não visíveis em forma de figuras geométricas ou não.

Dependendo da variação do momento linear das “petecas” desenhe um modelo para a forma que você supõe ter abaixo da placa de isopor.

Que tipo de forma geométrica há por baixo da placa de isopor? Seu modelo explica bem como seria essa forma geométrica? Lembre-se que é um modelo que você vai propor a partir da sua experiência.

### APROFUNDAMENTO DO ASSUNTO

Durante a atividade inicial você percebeu a importância dos modelos para a ciência? Entendeu como ocorrem as colisões de partículas e o que geram dessa colisão? Qual a relação desses dados com a criação da *WWW*?

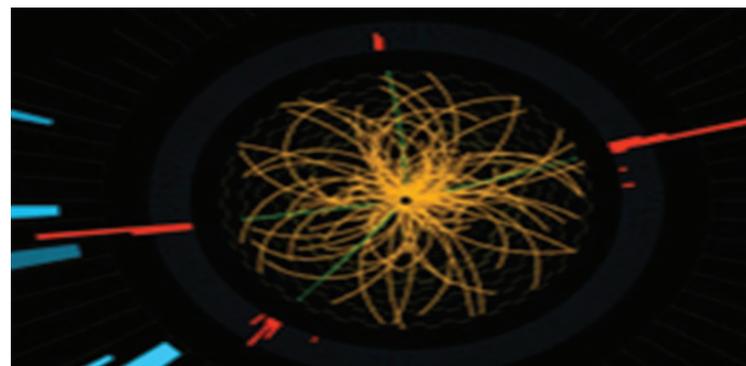
Os modelos são instrumentos muito importantes para os estudos científicos e quando falamos de átomos e suas partículas, daquilo que não vemos a olho nu, daquilo que não conseguimos tatear, o uso de modelos se torna significativo para compreendermos fenômenos do microcosmo.

Essa argumentação explica o trabalho realizado pelos cientistas dos séculos XIX e XX que idealizavam modelos para o átomo, sem nunca terem o visto. São modelos explicativos baseados em seus trabalhos experimentais e permitiam prever como seria o átomo. Novos estudos eram feitos e novos resultados eram obtidos, surgindo assim novos modelos que evoluíam, não havendo necessariamente a substituição destes, pois alguns modelos explicam muito melhor um fenômeno que outros. Os modelos são discutidos, são reelaborados, ficam mais completos e complexos, traduzindo com veemência os grandes avanços científicos.

É como se fosse uma “brincadeira de petecas”, em que um choque entre duas “petecas” (projétil e alvo) colidem, durante um intervalo de tempo relativamente curto. Não há interação significativa entre as duas “petecas” enquanto se aproximam e quando se afastam após a colisão. Há conservação do momento linear das “petecas” e podemos dizer que a força de interação que descreve a colisão tem grande intensidade, porém curta duração.

Em escala subatômica, essas “petecas” seriam partículas chamadas de hádrons (um hádron é um composto de partículas subatômicas regido pela interação forte, como os prótons e nêutrons) que são aceleradas com altas energias num acelerador denominado *LHC (Large Hadron Collider)*, cujo objetivo é obter dados sobre colisões de feixes de partículas, tanto de prótons a uma energia de 7 TeV (1,12 microjoules) por partícula, ou núcleos de chumbo a energia de 574 TeV (92,0 microjoules) por núcleo.

Para termos uma ideia sobre a quantidade de energia utilizada nos aceleradores durante as colisões, a energia total liberada após a colisão é de 13 TeV ( $13 \times 10^{12}$  eV). Em unidades Joules, é uma pequena quantidade de energia, pois 1 eV é igual a  $1,60217653 \times 10^{-19}$  Joules, logo 13 TeV equivale a  $20,8 \times 10^{-7}$  Joules. Se compararmos a um corpo de massa 1 kg em queda livre, com uma altura de 1 m, a energia liberada vale 9,8 Joules, o que corresponde a  $6,1 \times 10^{19}$  eV.



Fonte: Revista Ciência Hoje

No LHC são acelerados dois feixes de hádrons (como os prótons, por exemplo), em sentidos opostos com energia suficientemente alta, através de dois tubos com campo eletromagnético intenso e velocidades próximas à da luz ( $0,9999999991c$ ), gerando a colisão e conservando o momento linear do sistema.

As colisões como a exemplificada acima são produzidas em aceleradores de partículas e delas são geradas novas partículas resultantes dos choques, pois são lançadas sobre um ponto específico no CERN, nos quais há detectores que registram todo o evento. Nesse âmbito, novas teorias e hipóteses são previstas e testadas sobre a natureza elementar da matéria

## MATERIAL COMPLEMENTAR – SAIU NA MÍDIA



TECNOLOGIA

21/05/2015 08:06

### Cern consegue colisões de prótons a uma velocidade recorde



**G**enebra (Suíça) - Pela primeira vez na história, dois feixes de prótons colidiram nesta quarta-feira à noite a uma energia de 13 TeV (teraelétron-volts) no interior do Grande Colisor de Hádrons (LHC) do Centro Europeu de Física de Partículas (Cern).

Cada feixe de prótons conseguiu circular a uma energia de 6,5 TeV o que permitiu as colisões a uma energia de 13 TeV.

Estas primeiras colisões foram realizadas para poder comprovar os sistemas que protegem o próprio acelerador, os ímãs e os detectores das partículas que se desviam do feixe, segundo explicou o CERN em comunicado.

Era essencial que os testes de segurança fossem realizados ao mesmo tempo em que feixes de prótons circulavam e colidiam entre eles, para poder verificar como funcionam em condições reais. As colisões continuarão durante o dia todo de hoje para que os técnicos possam continuar realizando testes de funcionamento.

Espera-se que o acelerador volte a ser posto para funcionar no começo de junho e que os quatro detectores comecem a obter informação e dados nesse momento.

Nesta nova etapa de operações, o acelerador melhorado poderá utilizar toda sua capacidade a favor da física no período compreendido entre 2016 e 2018, durante o qual pretende revelar a composição da matéria escura.

O LHC é o maior e mais potente acelerador do mundo, com ímãs condutores que funcionam como pilhas, e sua energia armazenada equivale à de um porta-aviões se movendo a 43 km/h ou à de um avião Airbus 380 voando a 700 km/h.

Adaptado de: <<http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/cern-consegue-colisoes-de-protons-a-uma-velocidade-recorde>>. Acesso em 25 de maio de 2015

## RECURSOS MIDIÁTICOS

- 1) Vídeo “Acelerador de partículas do CERN melhorado atinge novo recorde de energia.” Idioma: espanhol. Duração: 3min e 44s. (Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=jQOnbaB7iYM>);
- 2) Vídeo “Do átomo grego ao átomo de Bohr - Evolução dos Conceitos da Física.” (Duração: 3min e 50s. (Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=esreyoKP1sc>);
- 3) Simulação - Phet Colorado “Laboratório de Colisões”. (Disponível em [https://phet.colorado.edu/sims/collision-lab/collision-lab\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/collision-lab/collision-lab_pt_BR.html).);
- 4) Simulação “A Escala do Universo” (Disponível em <http://htwins.net/scale2/lang.html>)

## SISTEMATIZAÇÃO DE IDEIAS

### QUESTÕES PARA REFLEXÃO:

- 1) A imaginação é o limite para as pesquisas planejadas pelos físicos para serem realizadas nos grandes laboratórios do CERN, pois envolvem muita tecnologia de ponta e investimentos sofisticados. Diante dessa realidade, são investidos bilhões de euros em experimentos de colisões de partículas que podem trazer respostas para a origem do Universo. Como você se posiciona diante desse grande investimento bilionário da ciência na busca da compreensão da matéria?
- 2) Inicialmente o átomo foi considerado como uma partícula maciça e indivisível, porém, com o passar do tempo, novas pesquisas revelaram que o átomo não era indivisível. Foi então que, a partir de novas experiências, surgiram novos modelos atômicos. Como você idealiza atualmente um átomo após uma revolução de novas descobertas sobre o mundo subatômico? Esquematize o seu modelo e

trace a importância da evolução dos modelos atômicos para a ciência.

- 3) A característica principal do pensamento científico é que as suas afirmativas, proposições e teorias não são “verdades absolutas”, mas sempre relativas. Os modelos científicos devem sempre ser confirmados, seja por experimentos ou observações que deem sustentação aos postulados e às ideias dos cientistas. Dentre os diversos ramos da ciência, a física, com a sua visão peculiar, é a que entende os fenômenos físicos na sua forma mais fundamental. As suas teorias são capazes de explicar situações que vão da escala atômica até o universo como um todo. Como você se porta diante dessas proposições científicas? Busque fazer um tratamento crítico e reflexivo sobre as “verdades absolutas da ciência”.
- 4) Uma partícula e um próton movem-se numa mesma direção e em sentidos opostos, de modo que se aproximam uma da outra com velocidade que, enquanto a distância que as separa é ainda muito grande, são iguais em módulo a 100 m/s. Considere que a massa e a carga da partícula são iguais ao dobro dos valores correspondentes ao próton. Quais os valores finais das velocidades da partícula e do próton, supondo que houve colisão elástica?

Dados: Coeficiente de restituição da colisão elástica:  $e = \frac{V' - v'}{v - V} = 1$

- 5) Um próton (massa de 1 u.m.a) com uma velocidade de 500m/s colide elasticamente com outro em repouso. O próton original é espalhado a 60° de sua direção original. (a) Qual é a direção da velocidade do próton-alvo após a colisão? (b) Quais são os módulos das velocidades dos dois prótons após a colisão?
- 6) A *World Wide Web* foi desenvolvido para gerenciar os experimentos em física de partículas e a demanda dessa tecnologia para o uso na sociedade pode justificar todo o investimento no complexo de pesquisa do CERN. Como você estima as diversas atribuições que os experimentos em ciência básica do CERN influenciam na nossa sociedade?

## ATIVIDADE “EXPLORANDO OS MODELOS”

Adaptado de Gurgel e Pietrocola (2011)

### DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE:

#### “O Descobrimento de Rutherford (Espalhamento Rutherford)”

Nesta atividade, você e os membros de sua equipe usarão os métodos desenvolvidos por Ernest Rutherford no começo de 1900, e que, ainda são usados em nossos dias pelos físicos de partículas, em seus experimentos com aceleradores. Estes métodos permitem aos cientistas identificar as características de partículas que realmente não podem ser vistas. Você aprenderá o quanto melhor devem ser suas medidas, quando você não pode ver o objeto estudado.

No chão da sala de aula há dois tampos grandes de isopor, debaixo do qual, foram colocadas figuras planas.

O trabalho de seu grupo é identificar a forma da figura sem vê-la. Você somente pode jogar bolinhas contra o objeto escondido, e observar a deflexão que se produz na trajetória das bolinhas depois de se chocar com a figura. Seu grupo terá cinco minutos para “observar” a figura.

Coloque um pedaço de papel sobre o tampo de isopor para esboçar a trajetória das bolinhas. Logo depois, analise esta informação para determinar a forma efetiva do objeto. Faça um pequeno desenho das figuras que o grupo analisou e responda as perguntas abaixo:

### QUESTÕES:

- 1) Você pode determinar o tamanho e a forma do objeto?
- 2) Como poderia saber se as figuras têm detalhes em sua forma, que são pequenos comparados com o tamanho das bolinhas?
- 3) Como você pode confirmar suas conclusões sem olhar o objeto?

**Fonte:** Gurgel, I.; PIETROCOLOA, M. O papel da imaginação no pensamento científico: análise da criação científica de estudantes em uma atividade didática sobre o espalhamento de Rutherford. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 28, n. 1: p. 91-122, abr. 2011

## LIÇÃO 3

## ACELERADORES E DETECTORES DE PARTÍCULAS

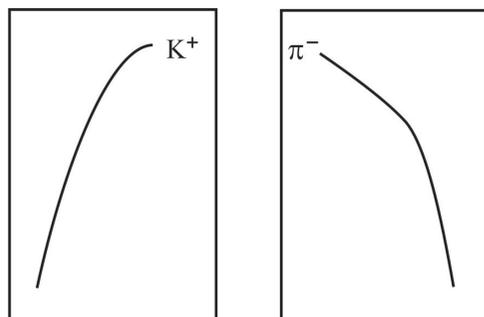
## APRESENTAÇÃO

Agora chegamos definitivamente aos aceleradores de partículas!

Vamos analisar a estrutura dos aceleradores e detectores de partículas, onde as colisões entre feixes de hádrons são feitas.

Como atividade inicial temos “*Rastreando partículas*” inspirado em Pietrocola *et al* (2010).

Analise as imagens da trajetória deixada pelas partículas káon positivo ( $K^+$ ) e pión negativo ( $\pi^-$ ) detectadas numa câmara de bolhas. Na região age um campo magnético perpendicular ao plano e orientado para cima.



Fonte: Adaptado de Pietrocola *et al* (2010)

Por que as partículas apresentam trajetória curva? Que informações podemos inferir sobre esse comportamento? Por que as partículas, nas mesmas condições iniciais, apresentam diferentes sentidos e ângulo de curvatura? Que outras observações

podem ser feitas sobre os rastros de partículas em uma câmara de bolhas

## APROFUNDAMENTO DO ASSUNTO

Feixes de hádrons são acelerados a velocidades próximas à da luz (equivalente a  $0,9999999991c$ ) gerando colisões a uma energia de 13 TeV, gerando novos conhecimentos sobre as partículas que compõem a matéria, registradas nos detectores localizados em pontos específicos no CERN.

Os aceleradores de grande dimensão como o LHC (*Large Hadron Collider*) possuem o mesmo princípio de funcionamento. Os aceleradores podem ser lineares, nos quais as partículas percorrem trajetórias retilíneas até a colisão e, também, circulares, nos quais as partículas viajam por uma região circular até colidirem e gerarem novos eventos, registrados nos detectores.



Fonte: Evento MasterClass USP 2012

O LHC é um acelerador circular, como mostra a imagem ao lado. Os detectores e aceleradores estão dispostos estrategicamente ao longo do anel, situado em um túnel de 27 km de circunferência a 50 metros de profundidade abaixo do solo, em Genebra, região entre a França e a Suíça e consumiu 10 bilhões de dólares em um árduo trabalho de mais de 20 anos.

No LHC, as partículas são aceleradas numa trajetória retilínea através do LINAC (*Linear Particle Accelerator*) e suas velocidades são aumentadas descrevendo uma forma circular por meio do PS (*Proton Synchrotron*). Após as colisões dessas partículas, quatro detectores estão dispostos sobre o LHC para registrar os resultados dos choques: o ALICE (*A Large Ion Collider Experiment*), que analisa a colisão entre íons pesados; o ATLAS (*A Toroidal LHC Apparatus*), que estuda a colisão entre prótons com energia do centro de massa de até 7 TeV; o CMS (*Compact Muon Solenoid*), que detecta partículas chamadas múons, além de fótons, elétrons e hádrons e até neutrinos; e o LHCb (*Large Hadron Collider beauty*), que foi projetado para o estudo de decaimento de partículas chamadas mésons como o quark b. (o estudo das partículas será apresentado em uma lição adiante).

Nesse contexto, os cientistas pretendem identificar novas partículas nos experimentos do LHC que são previstas teoricamente e são testadas hipóteses não previstas nos modelos estudados. São discussões que levam os físicos teóricos e experimentais a considerarem as possibilidades de existência de novas partículas por meio de modelos e teorias. São anos nos quais os físicos teóricos desenvolvem uma série de modelos e simulações que preveem os tipos de fenômenos que podem ser observados experimentalmente nos detectores de partículas do LHC

## RECURSOS MUDIÁTICOS

- 1) Vídeo “*LHC o maior acelerador de partículas*”. Duração: 2min e 57s. (Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=sW81KeN2hYk>);
- 2) Vídeo “*Acelerador de Partículas*”. Duração: 7min e 18s. (Disponível em [https://www.youtube.com/watch?v=XsOd\\_cM8neE](https://www.youtube.com/watch?v=XsOd_cM8neE)).

# MATERIAL COMPLEMENTAR – SAIU NA MÍDIA!

☰ 🔍 👤 | Entre | Crie sua conta

veja  
.com | Ciência



/CIÊNCIAS | ESPAÇO E COSMOS

## Aceleradores de partículas podem ajudar a tratar o câncer

Feixes de prótons usados nos aceleradores são mais eficazes que os raios-x. Tecnologia, contudo, precisa ser melhorada para não afetar células saudáveis

29/02/2012 às 11:46 atualizado em 01/03/2012 às 17:45

Cientistas querem fabricar pequenos aceleradores de partículas para tratar o câncer. O assunto foi abordado por Rolf-Dieter Heuer, diretor do CERN (Centro Europeu de Pesquisa Nuclear), lar do LHC, o maior acelerador de partículas do mundo, durante a Conferência Internacional de Pesquisa em Radiologia Oncológica, em Genebra.

Os aceleradores de partículas como o LHC provocam a colisão de prótons a uma velocidade próxima à da luz. Os físicos estudam as propriedades fundamentais da matéria analisando essas colisões. Os prótons são gerados a partir de um feixe que, além de ajudar na física de partículas, é capaz de eliminar células cancerígenas de forma mais eficiente do que a radioterapia.

**Bisturi de prótons** - Durante os últimos anos, os tratamentos que usavam raios-x (radioterapia) foram substituídos em alguns hospitais por outros que utilizam os feixes de prótons. Esses feixes se transformam em um ‘bisturi’ mais preciso e eficaz do que os raios-x, embora existam inconvenientes. Ao entrarem no corpo, o percurso da radiação das partículas afeta tanto as células cancerígenas quanto as saudáveis.

De acordo com Heuer, a meta dos físicos é saber o que a medicina precisa e o que pode ser desenvolvido para ajudar no tratamento do câncer. O CERN está tentando desenvolver novos tratamentos usando antiprótons - uma partícula como o próton, mas com carga inversa - para minimizar o efeito da radiação sobre as células saudáveis.

Contudo, se esses tratamentos forem validados para uso clínico contra o câncer, a primeira aplicação demorará pelo menos uma década. “Agora, o importante é construir aceleradores menores e baratos para que cada hospital possa tê-los em uma sala de tratamento”, disse Heuer.

Porém, o diretor acrescentou que o CERN não pretende se transformar em um centro de pesquisa médica, apesar de algumas pesquisas terem esse cunho. “Podemos produzir os prótons, mas não vamos nos dedicar a gerar essas partículas para hospitais”, disse. Heuer defende o trabalho do CERN na pesquisa fundamental da física.

**Remédio caro** - Enquanto os aceleradores de partículas para hospitais não ficam prontos, médicos também falaram sobre o custo dos remédios para tratamento do câncer durante a conferência. Soren Bentzen, professor de Oncologia na Universidade de Wisconsin, lamentou que muitos dos remédios usados para tratar a doença são excessivamente caros. Isso faz com que, em algumas ocasiões, os pacientes não recebam o tratamento mais adequado.

Bentzen afirmou que uma pesquisa para produzir um remédio contra o câncer pode custar cerca de 1 bilhão de dólares e defendeu uma personalização do tratamento do câncer. “Temos mais condições de descrever cada tumor do que anos atrás. Poderiam ser definidos outros subtipos de tumores para tratamento mais personalizado do que o que existe atualmente”, disse.

Adaptado de: <<http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/cientistas-querem-fabricar-aceleradores-de-particulas-para-tratar-cancer/>>. Acesso em 02 de junho de 2015.

## SISTEMATIZAÇÃO DE IDEIAS

### QUESTÕES PARA REFLEXÃO:

- 1) São inúmeras as tecnologias desenvolvidas no CERN, a partir de pesquisas em física de partículas que influenciam na sociedade, como a terapia contra o câncer, a incineração de resíduos nucleares, a geração de energia, o uso para obtenção de imagens médicas, a criação da *World Wide Web*, as imagens na Ressonância Magnética Nuclear (RMN). Como as pesquisas em física de partículas pode extrapolar o mundo da pesquisa e colaborar para outras tecnologias para as nossas casas, escolas e bem-estar da humanidade?
- 2) Considerada uma máquina segura pelos cientistas, o LHC está localizado na cidade de Genebra, sendo formado por um enorme tubo circular com circunferência de 27 km e diâmetro de 7 m; é subterrâneo, ficando a cerca de 100 m abaixo do solo e sua construção envolveu milhares de cientistas e engenheiros, com duração de 20 anos e custou 10 bilhões de dólares. Que razões ambientais, políticas e econômicas são justificáveis para o fato de o LHC possuir essa localização estratégica?
- 3) Feixes de prótons nos aceleradores são mais eficazes que raios-X. A tecnologia, contudo, precisa ser melhorada para não afetar celular saudáveis. De acordo como a notícia, os cientistas querem fabricar pequenos aceleradores de partículas para tratar o câncer. O assunto foi abordado por Rolf-Dieter Heuer, diretor do CERN (Centro Europeu de Pesquisa Nuclear), lar do LHC, o maior acelerador de partículas do mundo, durante a Conferência Internacional de Pesquisa em Radiologia Oncológica, em Genebra. (Revista Veja, fevereiro de 2012). Como você analisa essa informação?
- 4) Calcule quantas voltas um próton executa no anel do LHC (27 km) a cada segundo? O que esse resultado representa?
- 5) Um consórcio internacional, que reúne dezenas de países, milhares de cientistas e emprega bilhões de dólares, é responsável pelo Large Hadrons Colider (LHC), um túnel circular subterrâneo, de alto vácuo, com 27 km de extensão, no qual eletromagnetos aceleram partículas, como prótons e antiprótons, até que alcancem 11.000 voltas por segundo para, então, colidirem entre si. As experiências realizadas no LHC investigam componentes elementares da matéria e reproduzem condições de energia que teriam existido por ocasião do Big Bang. (a) Calcule a velocidade do próton, em km/s, relativa - mente ao solo, no instante da colisão. (b) Calcule o percentual dessa velocidade em relação à velocidade da luz, considerada, para esse cálculo, igual a 300.000 km/s. (c) Além do desenvolvimento científico, cite outros dois interesses que as nações envolvidas nesse consórcio teriam nas experiências realizadas no LHC.
- 6) O projeto é ambicioso, todo o “brinquedo” custou 8 bilhões de dólares, tem 27 km de circunferência e fica em um túnel 100 metros abaixo da superfície da terra na divisa da Suíça com a França. Quando estiver em funcionamento, ele consumirá a energia equivalente ao de 40 shoppings centers e só não será ainda maior, pois toda sua estrutura estará resfriada por nitrogênio líquido a uma temperatura de  $-270^{\circ}\text{C}$ . Todo esse investimento é necessário para a sociedade? Comente.



possuírem uma estrutura interna formada por quarks: bárions, quando são formados por três quarks ou antiquarks (prótons) ou mésons que são formados por pares quark-antiquark (méson pi), todos da mesma família. Nesse sentido, no MP háas famílias dos férmions (léptons e quarks) e bósons. Os léptons (elétron, múon, tau, neutrino doelétron, neutrino do múon e neutrino do tau) e seisquarks [quark up (u) quark down (d), quark charme (c), quark estranho (s), quark bottom (b) e quarktop (t)]. Os quarks apresentam uma propriedadechamada cor que não pode ser comparada com o que conhecemos comumente e podem, cada um deles apresentar três cores(vermelho, verde e azul). Nesse caso, podemos falar em 18 quarks e sabendo que a cada partícula corresponde uma antipartícula, então há no total 12 léptons e 36 quarks.

Os quarks possuem carga elétrica fracionária (+2/3e ou -1/3e) de modo que não são encontrados isolados e a soma algébrica dessas cargas corresponde a um múltiplo inteiro de e (1,6.10<sup>-19</sup> C) da carga de um hádron.

As antipartículas são consideradas partículas elementares que possuem a mesma massa, spin e paridade, no entanto sua carga elétrica é oposta, mantendo-se a simetria. Casos em que a antipartícula colide com sua respectiva partícula ocorre o aniquilamento de ambas.

As partículas elementares são muito instáveis e decaem com facilidade e em um intervalo de tempo tão rápido que muitas vezes a maioria só deixa rastros da sua existência. Todas as partículas exercem uma interação com outras através de forças existentes na natureza e podem se transformar em outras partículas. As interações fundamentais da natureza foram analisadas bem antes da teoria do MP, porém explica de forma coerente o modo como as partículas interagem. O MP é importante por descrever a formação e constituição do Universo e o que o mantém unido.

**RECURSOS MIDIÁTICOS**

- 1) Vídeo “Física de Partículas”. Duração: 6min e 07s. (Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=GXXmY-GavcY>).

**MATERIAL COMPLEMENTAR**

**FÉRMIONS** constituintes da matéria spin = 1/2, 3/2, 5/2, ...

Léptons spin = 1/2				Quarks spin = 1/2			
Nome	Massa GeV/c <sup>2</sup>	Carga Elétrica	Spin	Nome	Massa GeV/c <sup>2</sup>	Carga Elétrica	Spin
e <sup>-</sup> elétron	0,511	-1	1/2	u quark	2,3	2/3	1/2
μ <sup>-</sup> múon	105,7	-1	1/2	d quark	4,7	-1/3	1/2
τ <sup>-</sup> tau	1,777	-1	1/2	c quark	1,3	2/3	1/2
ν <sub>e</sub> neutrino do elétron	< 0,0001	0	1/2	s quark	0,1	-1/3	1/2
ν <sub>μ</sub> neutrino do múon	0,106	0	1/2	b quark	4,2	-1/3	1/2
ν <sub>τ</sub> neutrino do tau	1,777	0	1/2	t quark	175	2/3	1/2

**BÓSONS** transmissores de força spin = 0, 1, 2, ...

Estrutura Unificada spin = 1				Fótons spin = 1			
Nome	Massa GeV/c <sup>2</sup>	Carga Elétrica	Spin	Nome	Massa GeV/c <sup>2</sup>	Carga Elétrica	Spin
γ fóton	0	0	1	g glúon	0	0	1
W <sup>+</sup>	80,4	+1	1				
W <sup>-</sup>	80,4	-1	1				
Z <sup>0</sup>	91,187	0	1				

**Diagrama da Estrutura Interna do Átomo:** Mostra um núcleo central com quarks (u e d) ligados por glúons, rodeado por elétrons em órbitas.

**PROPRIEDADES DAS INTERAÇÕES:** Tabela que relaciona as partículas com as quatro forças fundamentais: Gravitacional, Fraca, Eletromagnética e Forte.

Fonte: CPEP (Contemporary Physics Education Project) Adaptado de: <<http://cpepweb.org/>>. Acesso em 03 de junho de 2015

## SISTEMATIZAÇÃO DE IDEIAS

### QUESTÕES PARA REFLEXÃO:

- 1) “O problema da construção de uma ‘teoria unificada das partículas elementares’ está ligado ao problema da construção de uma nova teoria do espaço e do tempo; mas, se espaço e tempo surgem apenas das relações entre partículas, o universo, a partir de uma única partícula, não poderia sequer ser descrito, se utilizando de palavras como posição, espaço, e tempo.” (Lee Smolin — ‘A Vida do Cosmos’). Em conformidade com o assunto estudado, analise o que diz Smolin.
- 2) A Física de Partículas nasceu com a descoberta do elétron, em 1897. Em seguida foram descobertos o próton, o nêutron e várias outras partículas, dentre elas o píon, em 1947, com a participação do brasileiro César Lattes. (a) Num experimento similar ao que levou à descoberta do nêutron, em 1932, um nêutron de massa  $m$  desconhecida e velocidade  $v_0 = 4 \times 10^7 \text{ m/s}$  colide frontalmente com um átomo de nitrogênio de massa  $M = 14 \text{ u}$  (unidade de massa atômica) que se encontra em repouso. Após a colisão, o nêutron retorna com velocidade  $v'$  e o átomo de nitrogênio adquire uma velocidade  $V = 5 \times 10^6 \text{ m/s}$ . Em consequência da conservação da energia cinética, a velocidade de afastamento das partículas é igual à velocidade de aproximação. Qual é a massa  $m$ , em unidades de massa atômica, encontrada para o nêutron no experimento? (b) 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  $E = 7 \times 10^{12} \text{ eV}$  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,  $E = hc / \lambda$ , onde  $h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$ , e  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ . Qual é o comprimento de onda dos prótons do LHC?
- 3) De acordo com uma notícia publica no site G1.com de 14 de setembro de 2015 intitulada “Acelerador de partículas vê sinais de fenômenos que violam leis da física” os redatores chamam a atenção para o fato de as colisões no LHC resultarem numa produção excessiva de taus, contrariando o que prevê o Modelo Padrão. O resultado foi captado pelo detector de partículas LHCb, um dos quatro grandes experimentos do LHC. Esse comportamento inesperado, apontando para o que os cientistas chamam de física exótica, pode ser o sinal da existência de mais partículas, além dos 17 tipos já efetivamente previstos em teoria e capturados em experimentos. Como esse resultado, caso seja confirmado, pode apontar para caminhos de uma nova física, de uma reformulação do Modelo Padrão e novas aplicações tecnológicas?
- 4) O MP segue seu maior feito e continua invicto, tornando-se a teoria mais bem estabelecida da física, no qual os físicos conseguiram confirmar todas as suas previsões e as descobertas experimentais se encaixam em suas lacunas. O MP é um trabalho coletivo de muitos físicos teóricos e experimentais de vários países que juntos com outros cientistas inventaram muitas engenharias para pô-lo em prática. O LHC exigiu um grande investimento e existe um grande interesse internacional nessa questão e mesmo países europeus em crise não pensam em sair do consórcio. Como você julga esses interesses políticos e econômicos que estão no entorno do LHC/CERN? Como o Brasil vem ganhado destaque nesse empreendimento?

### ATIVIDADE “MONTANDO NÚCLEOS”

“Entendendo a estrutura das partículas através de formas geométricas, quadrados e triângulos”

#### DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE

**Objetivo:** conhecer e utilizar o modelo de composição dos nucleons por quarks considerando a carga elétrica, spin e carga cor.

**Material:** quadrados e triângulos das cores azuis, vermelhos e verdes em pacotes.

**Conteúdo:** Dadas as novas idéias sobre os constituintes dos núcleons com a introdução dos QUARKS vamos construir partículas conhecidas como partículas  $\alpha$ , núcleo do oxigênio, do carbono ou outro da sua escolha para firmar as idéias.

Os nucleons, isto é os prótons e os nêutrons, são formados por três quarks cada um e devem ter a cor branca. Portanto cada um deles deve ter as três cores na sua composição: vermelha, azul e verde (red, blue e green em inglês)

Cada quark tem spin  $1/2$ . A regra de soma de spins deve ser como na mecânica quântica, para férmions:

Spin  $1/2$  + spin  $0$  só pode dar spin  $1/2$

Spin  $1/2$  + spin  $1/2$  podem dar partículas com spin  $1$ ,  $0$  ou  $-1$ .

Spin  $1/2$  + spin  $1/2$  + spin  $1/2$  podem dar partículas com spin  $3/2$ ,  $1/2$ ,  $-1/2$  ou  $-3/2$ .

Vejam que assim três quarks de spin  $1/2$  podem dar uma partícula de spin  $1/2$ !

Estranho, mas é assim!

#### Procedimento:

Vamos usar quadrados e triângulos que representam respectivamente o quark up e o quark down, todos com spin  $1/2$  qualquer que seja a sua cor.

#### Regras do jogo:

1 - Os quadrados são os quarks up

2 - Os triângulos são os quark down

3 - Construa as partículas: núcleo do hélio (alfa), núcleo do oxigênio e núcleo do carbono e outras de sua escolha.

**Fonte:** Extraído do Curso de Física de Partículas da USP – 3ª edição

## LIÇÃO 5 INTERAÇÕES FUNDAMENTAIS DA NATUREZA, PARTÍCULAS MEDIADORAS E O BÓSON DE HIGGS

### APRESENTAÇÃO

Olá,

Agora vamos entender as interações que ocorrem na natureza.

Uma simples atividade chamada “*passa-bola*” vai nos ajudar a compreender como ocorrem as interações fundamentais.



Fonte: Portal do Professor/MEC

No estudo de física de partículas, as forças comportam-se fazendo uma “troca” de partículas mediadoras. Isso acontece quando uma partícula exerce uma força sobre a outra.

Que tipo de interação está acontecendo na brincadeira?

O que ocorre durante a interação?

Há troca de energia? Qual a função da bola para a brincadeira?

### APROFUNDAMENTO DO ASSUNTO

As partículas elementares constituem sistemas estáveis e como se desintegram interagem através de campos de força que leva a outra categoria de partículas, as chamadas partículas mediadoras das interações fundamentais da natureza, que geram muitas previsões teóricas e especulações para os cientistas.

O Modelo Padrão (MP) descreve as partículas elementares e as interações fundamentais que ocorrem entre elas. É possível descrever o mundo que nos rodeia apenas com os quarks up e down, o elétron e o neutrino do elétron, pois as outras partículas se desintegram com muita facilidade e se configuram como estas.

Por meio do MP é possível explicar os quatro tipos de interações fundamentais da natureza através de suas propriedades: a força eletromagnética (carga elétrica), a força forte (carga cor), força fraca (carga fraca) e a força gravitacional (massa), esta última ainda não comprovada experimentalmente.

Essas interações ocorrem com a “troca” de partículas entre si por meio de partículas mediadoras (ou virtuais) conhecidas como bósons. A interação eletromagnética ocorre por meio de fótons, a interação forte por meio de glúons, a interação fraca por meio das partículas Z e W (bósons de Gauge) e a interação gravitacional ocorre entre os grávitons (previstos teoricamente, mas ainda não detectado). Essas partículas são virtuais, por não terem massa, com exceção dos bósons de Gauge, mas possuem energia (pulsos de energia).

As partículas mediadoras criam quatro campos fundamentais: campo eletromagnético, campo forte, campo fraco e campo

gravitacional, porém existe um quinto campo chamado campo de Higgs, mediado pela partícula chamada bóson de Higgs (em 1964, pelo físico inglês Peter Higgs, bem antes do MP), responsável por dar origem à massa das demais partículas, também conhecida como a “partícula de Deus”.

De acordo com a Revista Superinteressante, em uma reportagem de fevereiro de 2012 “A partícula celestial é uma *popstar* da ciência. Procurada há mais de 40 anos, chegou a ser chamada de “o Santo Graal” da física. Mas a fama veio mesmo quando o cientista Leon Lederman resolveu escrever um livro sobre ela. A intenção de Lederman não tinha nada a ver com canonizar a partícula idealizada por Peter Higgs em 1966. Muito pelo contrário. Tanto que o título que Lederman propôs para o livro foi *The Goddamn Particle* (A Partícula Amaldiçoada). Mas os editores acharam melhor transformar a revolta de Lederman com a dificuldade em encontrar a partícula em algo mais comercial. O livro saiu como *The God Particle* (A Partícula de Deus). E o apelido pegou. Agora “bóson de Higgs” está para “partícula de Deus” assim como Edson Arantes do Nascimento está para Pelé”.

A teoria de Higgs é muito complexa e muito ainda há pra ser analisado teórica e experimentalmente. O mundo das partículas elementares e das interações fundamentais ainda está sendo muito estudando e os limites da ciência desbravados no CERN/LHC só tendem a serem ampliados

## RECURSOS MIDIÁTICOS

- 1) Vídeo 1 “*Ciência e Tecnologia - Bóson de Higgs*”. Duração: 10min e 26s. (Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=utcR4euKlaw>);
- 2) Vídeo 2 “*Anúncio da detecção do Bóson de Higgs*”. Duração: 1min e 53s. (Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=P7ZCI5fX52M>).

## MATERIAL COMPLEMENTAR - SAIU NA MÍDIA!

☰ 🔍 👤 Entre | Crie sua conta

veja BR  
.com | Ciência

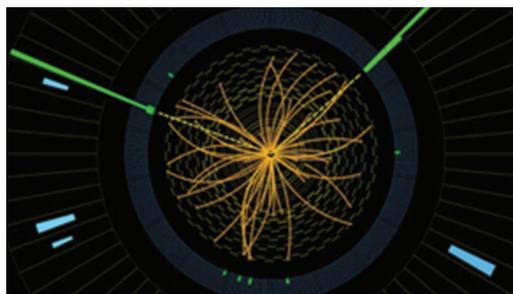


/CIÊNCIAS | ESPAÇO E COSMOS

### Cientistas elegem a descoberta do Bóson de Higgs como o feito científico do ano

A revista Science elegeu as dez descobertas científicas de 2012. Entre elas, constam pesquisas com células tronco, o pouso da Curiosity e a evolução na interface cérebro-máquina

21/12/2012 às 22:00 atualizado em 21/12/2012 às 22:00



A descoberta de uma particular física conhecida como Bóson de Higgs foi eleita pela revista Science como o achado científico mais importante de 2012. O Bóson explica como

outras partículas elementares, como elétrons e quarks, ganham massa, e era a última peça que faltava para confirmar o modelo padrão, teoria que explica como as partículas interagem para formar a matéria do Universo.

O bóson de Higgs é uma partícula subatômica prevista há quase 50 anos. O Higgs é importante porque a existência dele provaria que existe um campo invisível que permeia o universo. Sem o campo, ou algo parecido, nada do que conhecemos existiria. Os cientistas não esperavam detectar o campo, mas sim uma pequena deformação nele, chamada bóson de Higgs.

As evidências da existência do Bóson de Higgs foram reveladas no dia 4 de julho, após dois detectores identificarem sua presença no Grande Colisor de Hádrons (LHC, na sigla em inglês), o maior acelerador de partículas do mundo. Segundo a revista, ainda não está claro qual o caminho que a física

das partículas vai seguir após a descoberta, mas seu impacto na comunidade científica já é inquestionável.

Além de escolher a descoberta do Bóson como o feito mais importante do último ano, os editores do periódico científico elegeram outras nove descobertas de 2012, como o pouso da Curiosity, a leitura do DNA denisovano e as pesquisas com neutrinos. A lista foi publicada na edição de quinta-feira da revista Science.

No dia 4 de julho, cientistas do CERN confirmaram a **existência do Bóson de Higgs**, partícula teorizada há quase 50 anos. Ela explica como as outras partículas elementares, como elétrons e quarks, ganham massa. Além disso, a descoberta serve para confirmar o modelo padrão, que explica como todas as partículas interagem entre si para formar a matéria.

Adaptado de: <<http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/cientistas-elegem-a-descoberta-do-boson-de-higgs-como-o-feito-cientifico-do-ano/>>. Acesso em 03 de junho de 2015

## SISTEMATIZAÇÃO DE IDEIAS

### QUESTÕES PARA REFLEXÃO:

- 1) É interessante notar que além da pesquisa direta, o LHC criou a *World Wide Web* com o intuito de gerenciar os dados resultantes dos experimentos e outras tecnologias de ponta foram também desenvolvidas dentro do laboratório e repercutiram no meio social. O LHC passou por uma reforma, pois o próximo passo é a Teoria Grande Unificada que unifica as interações eletromagnética, fraca e forte, esse modelo prevê a existência de monopólos magnéticos, com energia da ordem de  $10^{16}$  GeV até  $10^{19}$  GeV, tendo também uma busca por outra teoria que unifique todas as interações fundamentais da natureza que é a Teoria das Super Cordas que prevê a existência dos grávitons, com energia acima da ordem de  $10^{19}$  GeV. Que repercussões essas teorias podem gerar na sociedade? Discorra sobre suas finalidades.
- 2) Depois de anos de manutenção, em 2015 o LHC volta a operar e os novos experimentos vão gerar cerca de cinco vezes mais dados do que as colisões já feitas e devem ajudar também os cientistas a compreenderem melhor como o bóson de Higgs funciona. E para chegar ao até então desconhecido e gerar novas colisões, os físicos propõem o aumento de energia para abrir possibilidades de entender como a matéria se comporta. O aumento de energia nas colisões de partículas não pode estar gerando grandes impactos ambientais para o planeta e econômicos para a sociedade? Comente.
- 3) Uma partícula subatômica que custou mais de US\$ 10 bilhões para ser identificada é um feito estrondoso para os cientistas do CERN, porém para muitas pessoas aparentemente não significa nada. E isso faz muita diferença, pois a ciência tem um impacto profundo na sociedade, influenciando culturas, vidas e economias. Como você acredita que os cientistas devem lidar com essas informações para o que o público entenda sua importância? Como a mídia pode contribuir (ou atrapalhar) para essa cobertura?
- 4) “De fato precisaremos de 100 a 500 anos de tecnologia no meio da física quântica para resolvermos o básico. Mas conseguiremos sim, tais desilusões. Não de uma só vez. Creio que tal modelo (o Modelo Padrão) pode se estender ao infinito. No entanto a nós é interessante a menos 99,999% de tudo, o demais é infinito-puro, e não se pode ‘alcançar’ o infinito. (Hyperscience, julho de 2013). Será que um dia o modelo padrão ficará completo? Comente.
- 5) “O Prêmio Nobel de Física deste ano, concedido aos cientistas François Englert e Peter Higgs, é a coroação dos esforços pelo desenvolvimento do chamado modelo padrão da física de partículas, que explica como o mundo funciona na menor escala possível: a subatômica. Há décadas a Academia Real de Ciências da Suécia tem acompanhado - e premiado - os avanços na área. Faltava reconhecer a última peça, o bóson de Higgs, a partícula prevista há quase cinquenta anos e só confirmada no ano passado, em experimento realizado no LHC, o maior colisor de partículas do mundo.” (Veja, outubro de 2013). O que mudou após a identificação do bóson de Higgs?

## LIÇÃO 6

GRANDES DESAFIOS DO SÉCULO XXI  
NO LHC/CERN

## APRESENTAÇÃO

Estamos chegando ao fim da nossa viagem quântica, mas muito há para desvendar sobre o mundo das partículas elementares.



Fonte: CERN

Você sabe o que são os grávitons? Já ouviu falar de matéria e a energia escura? E da antimatéria e dos miniburacos negros? Será que realmente teve o famoso *Big Bang*? E o Universo está se expandindo ou se contraindo?

Será que os cientistas do CERN já descobriram tudo sobre a origem do Universo através dos experimentos do CERN/LHC?

Se o campo de Higgs explica a origem da massa das partículas, então quem deu origem ao bóson de Higgs?

Afinal, quais os desafios que ainda são enfrentados pelos cientistas no CERN na busca de respostas sobre os limites do mundosubatômico do macrocosmo?

## APROFUNDAMENTO DO ASSUNTO

Graças a exploração dos fenômenos que envolvem física de partículas, pudemos chegar à tecnologia do mundo moderno: a *World Wide Web*, os transistores e microchips, celulares e computadores, laser e aparelhos de tomografia, entre outros.

Por natureza, o ser humano é curioso e no mundo todo, as pessoas se questionam sobre o funcionamento e a origem do cérebro e do corpo, da Terra e do Universo. Em busca de respostas, surge a capacidade do homem em formular perguntas, observar fenômenos e testar o resultado encontrado. São essas habilidades que nos ajudam a viver e entender o mundo que nos cerca que, quando combinadas a uma cabeça aberta para esperar resultados inesperados, nos levam a pensar como um cientista.

Muitas manutenções no maior acelerador de partículas do mundo estão sendo feitas pelos engenheiros e demais cientistas para que novas respostas venham a ser respondidas pelas teorias propostas pelos físicos sobre a origem da matéria.

De acordo com os cientistas do CERN/LHC muito já foi descoberto, principalmente a do bóson de Higgs, mas o estudo dos

grávitons, a matéria e a energia escura, a antimatéria, os miniburacos negros, o Big Bang e o Universo em expansão são desafios para os físicos teóricos e experimentais, sobre os quais ainda há muita incerteza.

Sabemos hoje que apenas 5% do Universo é conhecido e há um grande potencial para novas descobertas. Em pleno século XXI, uma nova física está abrindo as portas para grandes descobertas e o estudo sobre as partículas elementares é a área mais desenvolvida atualmente no campo da ciência, porém pouco se sabe sobre o conhecimento científico que está por vir: será que existe um limite para a ciência?

As descobertas realizadas com o estudo sobre física de partículas tiveram aplicações práticas para a nossa vida cotidiana como o desenvolvimento da *WWW* e o aprimoramento da internet, recursos como scanners, telas táteis, cosméticos, desenvolvimento de materiais para extração do petróleo no pré-sal, tratamentos na medicina como de células-tronco, esquizofrenia, contra o câncer, entre outros, e promove grande perspectivas à comunidade científica que certamente terá seus efeitos e impactos na sociedade.

## RECURSOS MIDIÁTICOS

- 1) Vídeo “*LHC - A busca por explicar o Universo*”. Duração: 3min e 44s (Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=HW6j363Q8uo>);
- 2) Vídeo “*Acelerador de partículas desperta interesse de várias empresas no Brasil*”. Duração: 3min. (Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=90R5Xwu3Dag>).

## MATERIAL COMPLEMENTAR – SAIU NA MÍDIA!



NOTÍCIAS CIÊNCIA

### LHC pode realizar descoberta inédita e ainda maior que o Bóson de Higgs

por Adeline Daniele

19 15/02/2015 16h27

Após ter rendido o Prêmio Nobel de Física de 2013 pela descoberta do Bóson de Higgs, o maior acelerador de partículas do mundo voltará à ativa e pode fazer outra conquista fascinante para a ciência.

Segundo pesquisadores, o acelerador de partículas poderá ajudar os físicos a entenderem como a matéria escura funciona no Universo.

Construído pela Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear (CERN), o Grande Colisor de Hádrons, passará pela segunda de três etapas de execução para as quais foi projetado. Segundo o CERN, após o aprimoramento ele será duas vezes mais poderoso do que agora.

O colisor já levou os físicos a descobrirem o Bóson de Higgs, ajudando a explicar como os objetos possuem massa. Neste ano, o acelerador recomeçará a funcionar com energia mais elevada, com o objetivo de entender por que a natureza prefere a matéria do que antimatéria.

Se tudo der certo, uma nova descoberta pode ser feita ainda este ano. “Talvez nós encontremos uma matéria supersimétrica”, disse a professora da Universidade da Califórnia e membro da equipe de pesquisadores do LHC, Beate Heinemann.

A supersimetria é a extensão do modelo padrão de física que visa preencher algumas lacunas sobre como os cientistas entendem a matéria.

De acordo com essa teoria, todas as partículas tem uma contraparte que é mais pesada, e os especialistas acreditam

que se essas partículas estão ali o LHC será capaz de encontrá-las.

Como o modelo padrão da física não consegue explicar a existência da matéria escura, uma forma de matéria que interage apenas gravitacionalmente, como em estrelas e galáxias, a supersimetria ajuda a oferecer um cenário mais compreensivo de nosso mundo.

A primeira das oito etapas para fazer o LHC funcionar novamente se iniciou em dezembro do ano passado e pode levar vários meses para ser concluída.

Adaptado de: <<http://info.abril.com.br/noticias/ciencia/2015/02/lhc-pode-realizar-descoberta-inedita-desde-o-boson-de-higgs.shtml>>. Acesso em 03 de junho de 2015.

**SISTEMATIZAÇÃO DE IDEIAS****JOGOS DIDÁTICOS**

- Jogo de Tabuleiro “A Discreta Corrida das Partículas Elementares”

**MODELO DE WEBFÓLIO PARA A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO DOS ESTUDANTES**

**DA WORLD WIDE WEB ÀS PARTÍCULAS ELEMENTARES**  
**WEBFÓLIO (adaptado de Rodrigues, 2016)**

**QUESTÕES PARA REFLEXÃO:****Momento da Lição:**

- Grau de Interesse pela questão:  
 Elevado                       Mediano                       Baixo
- Grau de entendimento prévio:  
 Elevado                       Mediano                       Baixo
- Grau de entendimento após a orientação do professor-pesquisador:  
 Elevado                       Mediano                       Baixo

Responda a questão:

Justifique sua escolha:

Fonte(s) utilizada(s) para a construção da resposta:

# GUIA DIDÁTICO

Prezado professor,

Este guia é um documento que foi elaborado como complemento à sequência didática “*Da World Wide Web às Partículas Elementares*” e traz orientações didáticas para a implementação da proposta em sala de aula, visando a articulação de todos os itens que estruturam as lições apresentadas.

Dessa forma, não apresentamos uma “receita pronta” ou necessariamente um “roteiro pré-definido” que deve seguir à risca, mas um conjunto de orientações para auxiliar o trabalho docente no desenvolvimento de suas aulas e na dinâmica de trabalho, conforme já utilizado pelo autor principal da sequência didática e aplicado em uma turma do ensino médio de escola pública.

Neste guia, abordamos os principais tópicos a serem abordados na implementação da proposta. Além disso, apresentamos comentários úteis para o professor acerca da matriz de conteúdos mínimos para o estudo de física de partículas, por roteiros de cada uma das lições, bem como uma descrição das atividades a serem desenvolvidas.

Sugerimos que leia este guia acompanhado da sequência didática para verificar os recursos necessários que são propostos com antecedência.

Bom trabalho!

## APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Professor,

No primeiro contato com os estudantes, apresente o assunto e inicie uma discussão para introduzir o assunto sobre a *World Wide Web* e sua relação com as pesquisas em ciência básica de forma a enriquecer a sua dinâmica de trabalho e aguçar a curiosidade, afim de encaminhar questionamentos tanto sua como da turma de forma enriquecedora.

Por ser o primeiro contato, utilize a notícia da Revista Veja que trata da criação da *WWW* e em seguida utilize as questões para reflexão para a sistematização de ideias. Ouça, responda questione à dúvidas que irão surgir, mas sem dar respostas prontas. Isso deixará a turma com o anseio pelas lições futuras. Sugerimos um tempo previsto de no máximo 30 minutos para essa apresentação.

Na nossa proposta, não solicitamos nesse primeiro contato a escrita dos estudantes, mas ação didática mais relevante foi levar ouvi-los, porém sempre anotando observações e ações discentes no diário-de-docência para futuras análises.

### LIÇÃO 1 O surgimento da *WWW* (*World Wide Web*)

Comentários iniciais

A Lição 1 é o nosso passaporte para uma viagem estranha e charmosa pelo mundo das partículas elementares da matéria. O que a *WWW* tem em comum com o estudo de física de partículas? Muitas coisas em comum! Essa tecnologia foi desenvolvida dentro do CERN com o objetivo de compartilhar informações sobre as pesquisas de física básica entre os cientistas do laboratório e em outros institutos espalhados pelo mundo.

O professor, nesse segundo momento, reforce sua proposta de trabalho e faça as devidas orientações para a produção dos *webfólios* e para o Minicongresso Escolar sobre Física de Partículas, pois ao final será organizado esse evento para que os estudantes apresentem suas produções nos *webfólios* ou temas correlatos.

O objetivo desta atividade é *desenvolver a análise crítica de informações e conceitos científicos sobre física de partículas e suas aplicações sociais a partir da socialização dos webfólios*. O evento será disponibilizado e aberto à comunidade escolar

### ORIENTAÇÕES PARA A LIÇÃO 1

A seguir, apresentamos algumas orientações para as atividades e recursos a serem utilizados na lição 1:

## CONTEÚDOS MÍNIMOS ABORDADOS

- Origem da *WWW*;
- Relação entre a *WWW* e a pesquisa em física básica no CERN;
- História de Berners-Lee.

ATIVIDADES	TEMPO PREVISTO	OBSERVAÇÕES
• Apresentação da proposta didática para os estudantes;	15 min	O professor deve retomar a apresentação sua proposta e sua dinâmica de trabalho na aplicação da sequência didática.
• Produção de um <i>blog</i> e orientação para a produção de conhecimento dos estudantes a partir de <i>webfólios</i> ;	25 min	O professor deixa claro o que é um <i>webfólio</i> , como é sua estrutura e como os estudantes deverão proceder na produção de conhecimento a partir das questões de reflexão.
• Orientação sobre o Minicongresso Escolar sobre Física de Partículas;	20 min	O professor já deve deixar claro o objetivo do minicongresso para sistematização de ideias sobre o assunto abordado e será um evento de culminância aberto à comunidade escolar.
• Atividade inicial “ <i>Imagens na Tela</i> ”;	10 min	A atividade é para os estudantes interagirem com algumas imagens associadas ao tema abordado para que o professor identifique alguns conhecimentos prévios.
• Leitura e discussão do texto-base;	20 min	Os estudantes devem ficar livres para interagir com os colegas e com o professor, esclarecendo possíveis dúvidas no texto.

ATIVIDADES	TEMPO PREVISTO	OBSERVAÇÕES
• Vídeo “ <i>História de Tim Berners-Lee</i> ”; (Duração 3min e 16s)	10 min	Vídeo que mostra um histórico do físico Berners-Lee e seu trabalho na criação da <i>WWW</i> .
• Orientação sobre as questões para reflexão.	20 min	Momento no qual o professor deve orientar o processo de produção dos <i>webfólios</i> .

Fonte: Elaborada pelo autor

### *Informações importantes*

O conteúdo mínimo a ser estudado nessa lição diz respeito ao desenvolvimento da ferramenta da *WWW* como meio de comunicação entre os físicos para compartilhar os dados referentes às colisões de partículas que ocorriam nos aceleradores. Portanto, seu objetivo geral é analisar o contexto no qual surgiu a *WWW* (*World Wide Web*) concebido como uma ferramenta tecnológica para comunicação e compartilhamento de informações entre cientistas.

Nessa lição, já deixamos claro o papel essencial das atividades do CERN, pois o mesmo está ativamente produzindo conhecimento e tecnologias disponíveis para o benefício da sociedade e fá-lo-á através de uma variedade de mecanismos da ciência. Constantemente empurrando as fronteiras da tecnologia, a organização da lição traz um leque de informações, muitas vezes levando a benefícios tangíveis para a sociedade. A *World Wide Web* é o exemplo mais famoso, que agora cresceu para revolucionar a comunicação em todo o mundo.

Além disso, focamos no fato de que quase tudo mudou radicalmente desde sua criação até hoje, entretanto o objetivo continua o mesmo:

compartilhar informações. Quanto mais a tecnologia da *WorldWide Web* evolui, mais as informações são transmitidas para muito mais pessoas, possibilitando que uma sociedade se construa com muito mais rapidez.

A finalidade de criação da *WorldWide Web* deu-se prioritariamente para que os físicos do CERN pudessem compartilhar as informações sobre os aceleradores e os experimentos para investigar a estrutura da matéria. Numa fração infinitesimal de segundos são processados bilhões de processos físicos envolvendo colisões de partículas na busca de uma estrutura elementar, capaz de explicar fenômenos como a origem e evolução do Universo a partir do *Big Bang* e a própria natureza de partículas que compõem a matéria, por exemplo.

## LIÇÃO 2

### Experimentos e colisões: uso de modelos para compreender a matéria

#### Comentários iniciais

A Lição 2 tem por objetivo *identificar os experimentos com colisões de feixes de partículas como geradores de novos conhecimentos sobre a natureza elementar da matéria*.

A atividade inicial de apresentação traz uma brincadeira muito interessante para que os estudantes possam explorar modelos através da colisão entre as bolinhas de gude em superfícies até então desconhecidas. A partir daí, é possível estabelecer relações com outros fenômenos envolvendo colisão a nível macroscópico e, posteriormente, as analogias com a colisão entre partículas elementares são utilizadas para comparação e análise de algumas grandezas físicas.

## ORIENTAÇÕES PARA A LIÇÃO 2

A seguir, apresentamos algumas orientações para as atividades e recursos a serem utilizados na lição 2:

### CONTEÚDOS MÍNIMOS ABORDADOS

- Colisão de “petecas” e momento linear (visão clássica);
- Colisão de partículas (visão quântica);
- Modelos para a ciência;
- Quantidade de energia utilizada nas colisões (Relação entre as unidades eV e J);
- Colisões e aceleradores de partículas;
- Reportagem “*CERN consegue colisões de prótons a uma velocidade recorde*”.

ATIVIDADES	TEMPO PREVISTO	OBSERVAÇÕES
• Discussão sobre a produção dos <i>webfólios</i> produzidos sobre a lição 1;	20 min	O professor aproveita o início do encontro para discussão da produção do conhecimento no <i>webfólio</i> sobre a lição 1.
• Atividade inicial “ <i>Montando núcleos</i> ”;	20 min	Os estudantes devem ficar livres para interagir na atividade.
• Leitura e discussão do texto-base;	20 min	Os estudantes devem interagir com os colegas e com o professor, esclarecendo possíveis dúvidas no texto.

ATIVIDADES	TEMPO PREVISTO	OBSERVAÇÕES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vídeo “<i>Acelerador de partículas do CERN melhorado atinge novo recorde de energia</i>”; (Duração 3min e 44s)</li> </ul>	20 min	Vídeo que mostra o maior acelerador de partículas do mundo quando atingiu um novo recorde de energia, com colisões de partículas a 13 TeV.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vídeo “<i>Do átomo grego ao átomo de Bohr - Evolução dos Conceitos da Física</i>”; (Duração 3min e 50s)</li> </ul>		Este vídeo é uma animação que compõe a compõem a hiperfísica do material didático produzido no final de 2010 na Universidade Federal de Santa Catarina e mostra a evolução dos conceitos de átomo na ciência.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulação Phet Colorado “<i>Laboratório de Colisões</i>”;</li> <li>• Simulação “<i>A Escala do Universo</i>”</li> </ul>	20 min	Deixar os estudantes livres para manusear as simulações que demonstram colisões entre partículas e uma escala para as coisas do Universo.
- Orientação sobre as questões para reflexão	20 min	Momento no qual o professor deve orientar o processo de produção dos <i>webfólios</i> .

Fonte: Elaborada pelo autor

### **Informações importantes**

Entender a importância dos modelos científicos para o estudo do átomo e de suas partículas é uma tarefa fundamental na ciência, principalmente pelo fato de os estudantes possuírem uma visão muito

fechada em relação ao modelo atômico. Para minimizar esse dano ao conhecimento científico e para que os estudantes entendam a função do que vem a ser um modelo, uma atividade inicial é proposta. Partindo dessa atividade, fica mais fácil trabalhar com os modelos atômicos e das partículas elementares.

Os modelos para a ciência são essenciais e no CERN, por exemplo, a busca por partículas que explicam a natureza da matéria é o que instiga os físicos. A comunidade científica desenvolve uma série de modelos, cálculos numéricos e simulações para prever o que podem comprovar ou não experimentalmente nos aceleradores e detectores no LHC. Grupos de cientistas procuram incansavelmente por partículas que podem responder a muitos questionamentos ainda sem solução para a ciência, mas conseguem descrever teoricamente muitos fenômenos e usando principalmente modelos científicos para elaborar teorias pertinentes à compreensão do microcosmo.

Esse fenômeno decorre de que, em um intervalo de tempo relativamente curto, duas partículas em um movimento acelerado colidem frontalmente gerando bilhões de informações e, até mesmo, novas partículas com novas características, novas propriedades e variadas aplicações científicas e tecnológicas.

De acordo com os cientistas, a melhor “brincadeira” surge após a colisão, pois esse fenômeno apresenta enigmas relacionados com o que aconteceu cerca de um trilionésimo de segundo depois do *Big Bang*, por exemplo. Assim, novos conhecimentos são gerados tanto teórica como experimentalmente.

## LIÇÃO 3 Aceleradores e detectores de partículas

### Comentários iniciais

Falar em aceleradores e detectores de partículas nos conduzem a tratar das colisões que ocorrem. Dessa forma, o objetivo da Lição 3 é **identificar os experimentos com colisões como geradores de novos conhecimentos sobre a natureza elementar da matéria.**

Compreendendo como ocorrem as colisões entre as partículas nos aceleradores, torna-se necessário estudar e analisar o funcionamento dos aceleradores e detectores de partículas, para entender os principais fenômenos aí analisados.

### ORIENTAÇÕES PARA A LIÇÃO 3

A seguir, apresentamos algumas orientações para as atividades e recursos a serem utilizados na lição 3:

### CONTEÚDOS MÍNIMOS ABORDADOS

- Estrutura do maior acelerador de partículas do mundo: LHC;
- Detectores de partículas: ALICE, ATLAS, CMS e LHCb.
- Reportagem “*Aceleradores de partículas podem ajudar a tratar o câncer*”.

ATIVIDADES	TEMPO PREVISTO	OBSERVAÇÕES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discussão sobre a produção dos <i>webfólios</i> produzidos sobre a lição 2;</li> </ul>	25 min	O professor aproveita o início do encontro para discussão da produção do conhecimento no <i>webfólio</i> sobre a lição 2.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atividade inicial “<i>Rastreamento Partículas</i>”;</li> </ul>	25 min	O professor irá aproveitar o próprio material na apresentação da lição 3, indagando os estudantes sobre as imagens de rastros de partículas e o que representam.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitura e discussão do texto-base;</li> </ul>	25 min	Os estudantes devem interagir com os colegas e com o professor, esclarecendo possíveis dúvidas no texto.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vídeo “<i>LHC o maior acelerador de partículas</i>”; Duração: 2min e 57s</li> </ul>	20 min	Vídeo produzido pela BBC Brasil que mostra detalhes sobre a estrutura e funcionamento do LHC.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vídeo “<i>Acelerador de partículas</i>”; Duração: 7min e 19s.</li> </ul>		Um vídeo que explora o acelerador de partículas brasileiro, localizado em Campinas-SP e mostra suas mais variadas funções e aplicações
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientação sobre as questões para reflexão.</li> </ul>	25 min	Momento no qual o professor deve orientar o processo de produção dos <i>webfólios</i> .

Fonte: Elaborada pelo autor

### ***Informações importantes***

Dentre outras informações a serem dadas aos estudantes, uma importante será a de que o objetivo do LHC é analisar os resultados das colisões que ocorrem entre feixes de hádrons na busca de explicação sobre: o *Big Bang*; a origem da massa das partículas; a expansão do Universo; a matéria e energia escura, entre outros fenômenos que ainda desafiam os cientistas. Além disso, intenciona-se mostrar aos estudantes que os aceleradores de partículas são capazes de contribuir para tratamentos cancerígenos e ajudam na medicina, conforme mostram pesquisas mais atuais.

Nesse contexto, os cientistas pretendem identificar novas partículas nos experimentos do LHC que são previstas teoricamente e são testadas hipóteses não previstas nos modelos estudados. São discussões que levam os físicos teóricos e experimentais a considerarem as possibilidades de existência de novas partículas por meio de modelos e teorias. O contínuo desenvolvimento científico perdura por anos a fio, nos quais os físicos teóricos desenvolvem uma série de modelos e simulações que preveem os tipos de fenômenos que podem ser observados experimentalmente nos detectores de partículas.

## **LIÇÃO 4**

### **As partículas elementares da matéria e o modelo padrão: características e propriedade**

#### ***Comentários iniciais***

Após trabalhar com modelos para a ciência, torna-se mais acessível para o imaginário dos estudantes falarmos de partículas que são apenas detectadas e não podem ser vistas a olho nu, tal como o átomo. Nesta lição, o nosso objetivo é ***identificar as partículas elementares como constituintes básicos que formam a matéria.***

#### **ORIENTAÇÕES PARA A LIÇÃO 4**

A seguir, apresentamos algumas orientações para as atividades e recursos a serem utilizados na lição 4:

#### **CONTEÚDOS MÍNIMOS ABORDADOS**

- Estrutura do átomo;
- Partículas fundamentais, elementares e o Modelo Padrão;
- Antipartículas;
- Tabela “*Modelo Padrão das Partículas Elementares e Interações*”

ATIVIDADES	TEMPO PREVISTO	OBSERVAÇÕES
<ul style="list-style-type: none"> <li>Discussão sobre a produção dos <i>webfólios</i> produzidos sobre a lição 3;</li> </ul>	25 min	O professor aproveita o início do encontro para discussão da produção do conhecimento no <i>webfólio</i> sobre a lição 3.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Atividade inicial “<i>Montando Núcleos</i>”;</li> </ul>	25 min	Os estudantes devem ficar livres para interagir na atividade. A descrição da atividade está no ANEXO B.
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leitura e discussão do texto-base;</li> </ul>	25 min	Os estudantes devem interagir com os colegas e com o professor, esclarecendo possíveis dúvidas no texto.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vídeo “<i>Física de Partículas</i>”;</li> <li>Duração: 6min e 07s.</li> </ul>	20 min	Vídeo que traz uma discussão do MP da Física de Partículas e partículas elementares que constituem a matéria.
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Orientação sobre as questões para reflexão.</li> </ul>	25 min	Momento no qual o professor deve orientar o processo de produção dos <i>webfólios</i> .

Fonte: Elaborada pelo autor

### ***Informações importantes***

Sabemos que o átomo já foi considerado a menor partícula que constituía a matéria. Em 1897, houve a descoberta dos elétrons, partículas que circundam o átomo na região da eletrosfera, quando Joseph Thomson percebeu que os raios catódicos eram formados por partículas de carga negativa. Em 1911, Ernest Rutherford e colaboradores perceberam que partículas alfa eram espalhadas ao passar através de uma fina folha de ouro, ou seja, chocavam-se

no núcleo do átomo e constataram que no núcleo havia partículas carregadas positivamente que foram denominadas de prótons.

Percebendo que os átomos possuem valores de massas bem maiores quando comparadas às de seus prótons e elétrons, em 1932, James Chadwick desvendou esse mistério e descobriu uma partícula possuidora de massa muito próxima à do próton, porém sem carga elétrica, originária da interação entre o próton e o elétron, era o nêutron.

Deve-se salientar que por trás do Modelo Padrão (MP) existe na verdade um emaranhado de cálculos matemáticos muito complexos e, portanto, não nos cabe desvendar tudo isso. No entanto, o MP nos explica a constituição elementar da matéria, apesar de que são mais de 300 partículas que foram identificadas nos aceleradores/colisores de partículas e podem ser agrupadas em léptons, quarks, hádrons, bárions, mésons e bósons, dependendo da sua estrutura interna, propriedades e características.

Nesta lição, devemos enfatizar que as partículas elementares são muito instáveis e decaem com facilidade e em um intervalo de tempo tão rápido que muitas vezes a maioria só deixa rastros da sua existência. Todas as partículas exercem uma interação com outras através de forças existentes na natureza e podem se transformar em outras partículas.

As interações fundamentais da natureza, que inclusive começaram a ser formuladas bem antes da teoria do MP, explicam de forma coerente o modo como as partículas interagem. O MP é importante por descrever a formação e constituição do Universo e o que o mantém unido. Muito embora é importante deixar claro que ainda resta um longo caminho em direção à unificação das quatro forças fundamentais com as quais trabalhamos na física. A unificação teórica dessas forças é sem dúvida alguma um dos maiores desafios para os físicos neste século.

## LIÇÃO 5 Interações fundamentais da natureza, partículas mediadoras e o bóson de Higgs.

### Comentários iniciais

O objetivo dessa lição é *caracterizar as interações fundamentais que ocorrem entre as partículas elementares*. A lição inicia com uma atividade simples entre os estudantes denominada “*passa-bola*”. Nesta, o estudante passa a bola para o colega com a função de compreender que por trás de uma simples brincadeira há uma interação. Essa analogia será associada às interações fundamentais que ocorrem entre as partículas na natureza, nas quais trocam outras partículas, as chamadas partículas mediadoras ou virtuais.

### ORIENTAÇÕES PARA A LIÇÃO 5

A seguir, apresentamos algumas orientações para as atividades e recursos a serem utilizados na lição 5:

### CONTEÚDOS MÍNIMOS ABORDADOS

- Interações fundamentais da natureza;
- Partículas mediadoras;
- Bóson de Higgs;
- Reportagem “*Cientistas elegem a descoberta do Bóson de Higgs como o feito científico do ano*”.

ATIVIDADES	TEMPO PREVISTO	OBSERVAÇÕES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discussão sobre a produção dos <i>webfólios</i> produzidos sobre a lição 4;</li> </ul>	25 min	O professor aproveita o início do encontro para discussão da produção do conhecimento no <i>webfólio</i> sobre a lição 4.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atividade inicial “<i>Passa-Bola</i>”;</li> </ul>	25 min	A atividade “ <i>Passa-Bola</i> ” tem como objetivo criar analogias para as partículas mediadoras das interações fundamentais.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitura e discussão do texto-base;</li> </ul>	25 min	Os estudantes devem interagir com os colegas e com o professor, esclarecendo possíveis dúvidas no texto.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vídeo “<i>Ciência e Tecnologia - Bóson de Higgs</i>”; Duração: 10min e 26s.</li> <li>• Vídeo “<i>Anúncio da detecção do Bóson de Higgs</i>”; Duração: 1min e 53s.</li> </ul>	20 min	Duas reportagens sobre o bóson de Higgs para enriquecer o estudo sobre essa partícula tão conhecida e que demorou meio século para ser identificada.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientação sobre as questões para reflexão.</li> </ul>	25 min	Momento no qual o professor deve orientar o processo de produção dos <i>webfólios</i> .

Fonte: Elaborada pelo autor

### Informações importantes

É nesta lição que tratamos o assunto da famosa “partícula de Deus” a qual faz referência ao bóson de Higgs, responsável por dar origem às massas das demais partículas elementares. Suas características e propriedades serão apresentadas aos estudantes. Busque explorar o motivo de ela ter recebido essa nomenclatura e o que ela representa para as teorias científicas.

É importante frisar que a teoria de Higgs é muito complexa e muito ainda há pra ser analisado teórica e experimentalmente. O mundo das partículas elementares e das interações fundamentais ainda está sendo muito estudado e os limites da ciência desbravados no CERN/LHC só tendem a ser ampliados.

## LIÇÃO 6

### Grandes desafios do século XXI no CERN/LHC.

#### Comentários iniciais

Na última lição, os estudantes podem demonstrar todo o seu potencial sobre o estudo das partículas elementares e exercer sua autonomia para trabalhar um ou mais assuntos que mais lhes despertaram curiosidade durante o desenvolvimento da sequência didática. Com isso, o professor irá orientar e mediar as pesquisas necessárias para que os estudantes identifiquem os grandes desafios que intrigam os cientistas na busca de explicar o Universo por meio do estudo das partículas elementares.

Assim, seu objetivo é **identificar os grandes desafios que intrigam os cientistas do CERN/LHC na busca de explicar o Universo por meio do estudo das partículas elementares.**

### ORIENTAÇÕES PARA A LIÇÃO 6

A seguir, apresentamos algumas orientações para as atividades e recursos a serem utilizados na lição 6:

#### CONTEÚDOS MÍNIMOS ABORDADOS

- Assuntos gerais de física de partículas;
- Reportagem “*LHC pode realizar descoberta inédita e ainda maior que o Bóson de Higgs*”.

ATIVIDADES	TEMPO PREVISTO	OBSERVAÇÕES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discussão sobre a produção dos <i>webfólios</i> produzidos sobre a lição 5;</li> </ul>	25 min	O professor aproveita o início do encontro para discussão da produção do conhecimento no <i>webfólio</i> sobre a lição 5.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitura e discussão do texto-base;</li> </ul>	25 min	Os estudantes devem interagir com os colegas e com o professor, esclarecendo possíveis dúvidas no texto.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vídeo “<i>LHC - A busca por explicar o Universo</i>”; Duração: 3min e 44s.</li> </ul>	20 min	Esse vídeo mostra como funciona o maior acelerador de partículas do mundo, o LHC, e seus principais objetivos para a ciência.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vídeo “<i>Acelerador de partículas desperta interesse de várias empresas no Brasil</i>”; Duração: 3min.</li> </ul>		Vídeo que mostra diversas aplicações dos aceleradores de partículas e o avanço de alguns experimentos a serem realizados, principalmente no Brasil.

Fonte: Elaborada pelo autor

### ***Informações importantes***

Sabemos hoje que apenas 5% do Universo é conhecido e há um grande potencial para novas descobertas. Em pleno século XXI, uma nova física está abrindo as portas para grandes descobertas e o estudo sobre as partículas elementares é a área mais desenvolvida atualmente no campo da ciência, porém pouco se sabe sobre o conhecimento científico que está por vir: será que existe um limite para a ciência?

As descobertas realizadas com o estudo sobre física de partículas tiveram aplicações práticas para a nossa vida cotidiana, tais como o desenvolvimento da *WWW* e o aprimoramento da *internet*, recursos como *scanners*, telas táteis, cosméticos, desenvolvimento de materiais para extração do petróleo no pré-sal, tratamentos na medicina como de células-tronco, esquizofrenia, contra o câncer, entre outros. Sem dúvida, o desenvolvimento da ciência básica promove grande perspectivas à comunidade científica que certamente terá seus efeitos e impactos na sociedade.

### **ORIENTAÇÕES ACERCA O JOGO DE TABULEIRO E PARA A REALIZAÇÃO DO MINICONGRESSO ESCOLAR**

Sobre o Jogo de Tabuleiro intitulado “*ADiscreta Corrida das Partículas Elementares*” a confecção do tabuleiro e do dado podem ser realizadas com orientação aos estudantes, exceto as cartas que deve ser moldada pelo docente. O objetivo deste jogo didático é ***desenvolver habilidades de raciocínio e de conhecimentos científicos sobre física de partículas elementares.*** As demais orientações e as regras do jogo estão contidas em tutorial, que também ficará disponível para

os professores. Sugerimos em média 30 minutos para esta atividade.

O minicongresso escolar deverá ser planejado para um período mais longo a ser desenvolvido, pois além de orientação do professores, deverá haver todo o processo de produção de materiais que os estudantes deverão expor para a comunidade escolar. Trata-se de uma culminância da proposta didática e deve ser apresentado em forma de banners, maquetes, exposições, oficinas ou outra forma escolhida pelos estudantes. Aqui não iremos sugerir um prazo, porém orientamos que não haja demora entre a aplicação da última lição e o minicongresso, haja vista que já esta atividade já deve ser mencionada na apresentação da proposta didática.

# TUTORIAL DO JOGO DIDÁTICO

## JOGO DE TABULEIRO “A DISCRETA CORRIDA DAS PARTÍCULAS”

### 1. OBJETIVO

- Desenvolver habilidades de raciocínio e de conhecimentos científicos sobre física de partículas elementares.

### 2. COMPOSIÇÃO DO JOGO

- Um laboratório de física de partículas colorido (tabuleiro);
- Um dado com duas faces opostas e iguais de 1 a 3;
- Quatro pinos cilíndricos coloridos (conforme cores das equipes);
- 100 cartas (40 contendo perguntas de múltipla escolha; 30 com perguntas com alternativas de opções “verdadeira ou falsa”; 15 cartas de “partículas aniquiladas”; 15 cartas bônus de “Partícula de Deus”).

### 3. REGRAS DO JOGO

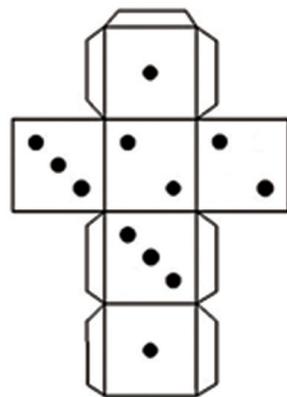
- Trata-se de um jogo de tabuleiro para ser ampliado e impresso numa superfície plana de papel, madeira, plástico etc., no qual os participantes devem ter como pré-requisitos conhecimentos básicos sobre física de partículas elementares;
- Escolher o “físico-de-partículas” para que aplique as regras do jogo às equipes e será a ter a autoridade sobre o jogo e sobre os jogadores. Poderá ser o professor da turma;
- Formar 04 equipes de cores diferenciadas (vermelha, verde, azul e amarela) contendo 05 estudantes cada, devendo ser selecionado um líder;

- Posicionar as equipes na ordem das cores da sequência das cores apresentadas no tabuleiro, da esquerda para a direita;
- Selecionar a equipe que iniciará o jogo lançando o dado. A equipe selecionada será aquela que tirar a face de maior numeração. Caso haja empate, os líderes deverão lançar novamente até haver um vencedor para iniciar o jogo;
- As cartas devem ser embaralhadas pelo “físico-de-partículas” e colocadas sobre o tabuleiro;
- O líder da equipe selecionada joga o dado para dá início, em seguida pega a primeira carta e assim se inicia o jogo;
- As respostas corretas dadas pelas equipes dão direito ao “avanço de casas” no tabuleiro, conforme o número do dado;
- A equipe que tirar a carta de “partículas aniquiladas” perde a vez e a próxima equipe continua o jogo;
- A equipe que tirar a carta bônus de “Partícula de Deus” avança uma casa;
- O tempo máximo para as equipes darem a resposta é de 30 segundos;
- Só é permitido que os representantes da mesma equipe troquem ideias entre si, em momento algum os de outras equipes poderão se comunicar;
- Durante o tempo de respostas, uma equipe não pode atrapalhar a outra, caso o “físico-de-partículas” perceba que isso ocorra, a mesma será penalizada, com uma rodada sem jogar;
- Vence a equipe que atingir primeiro o alvo “COLISÃO”.

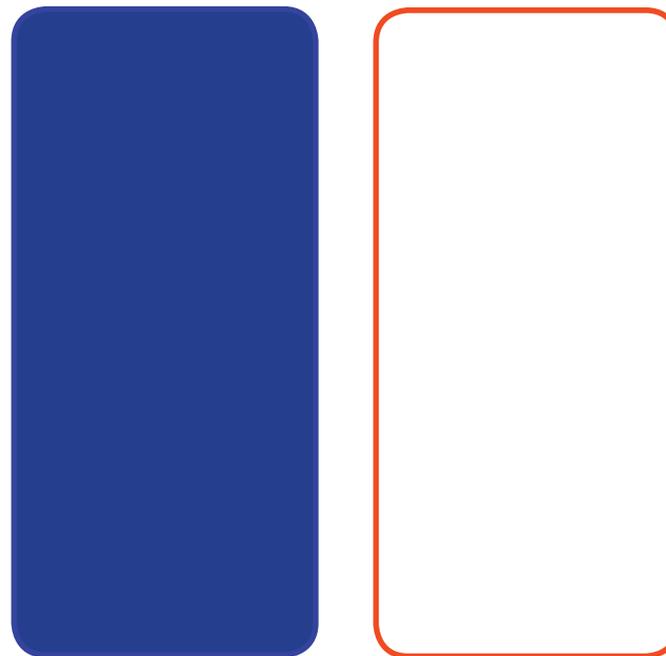
Modelo 1: Tabuleiro em imagem reduzida



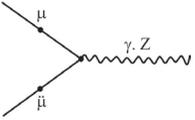
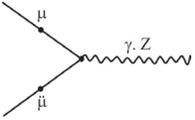
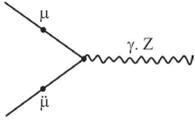
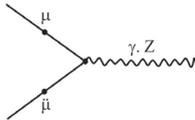
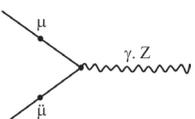
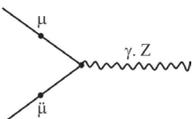
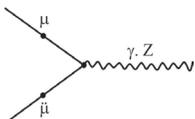
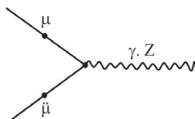
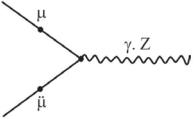
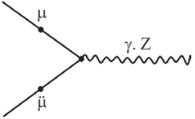
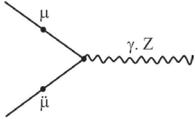
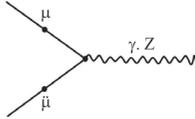
Modelo 2: Dado

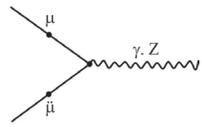
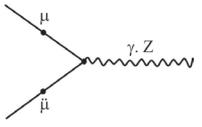
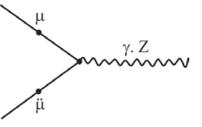
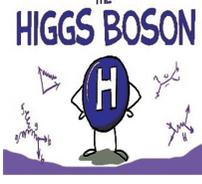
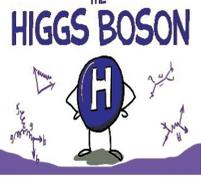


Modelo 3: Cartas para o jogo de dimensão 8,5 cm x 4 cm



**CARTAS PARA O JOGO DE TABULEIRO**  
(Dimensões 6 cm x 4 cm)

<p><b>PARTÍCULAS ANIQUILADAS</b></p>  <p><b>"PASSA A VEZ"</b></p>	<p><b>PARTÍCULAS ANIQUILADAS</b></p>  <p><b>"PASSA A VEZ"</b></p>	<p><b>PARTÍCULAS ANIQUILADAS</b></p>  <p><b>"PASSA A VEZ"</b></p>	<p><b>PARTÍCULAS ANIQUILADAS</b></p>  <p><b>"PASSA A VEZ"</b></p>
<p><b>PARTÍCULAS ANIQUILADAS</b></p>  <p><b>"PASSA A VEZ"</b></p>	<p><b>PARTÍCULAS ANIQUILADAS</b></p>  <p><b>"PASSA A VEZ"</b></p>	<p><b>PARTÍCULAS ANIQUILADAS</b></p>  <p><b>"PASSA A VEZ"</b></p>	<p><b>PARTÍCULAS ANIQUILADAS</b></p>  <p><b>"PASSA A VEZ"</b></p>
<p><b>PARTÍCULAS ANIQUILADAS</b></p>  <p><b>"PASSA A VEZ"</b></p>	<p><b>PARTÍCULAS ANIQUILADAS</b></p>  <p><b>"PASSA A VEZ"</b></p>	<p><b>PARTÍCULAS ANIQUILADAS</b></p>  <p><b>"PASSA A VEZ"</b></p>	<p><b>PARTÍCULAS ANIQUILADAS</b></p>  <p><b>"PASSA A VEZ"</b></p>

<p><b>PARTÍCULAS ANIQUILADAS</b></p>  <p><b>"PASSA A VEZ"</b></p>	<p><b>PARTÍCULAS ANIQUILADAS</b></p>  <p><b>"PASSA A VEZ"</b></p>	<p><b>PARTÍCULAS ANIQUILADAS</b></p>  <p><b>"PASSA A VEZ"</b></p>	<p><b>"CARTA BÔNUS"</b></p>  <p><b>PARTÍCULA DE DEUS</b></p>
<p><b>"CARTA BÔNUS"</b></p>  <p><b>PARTÍCULA DE DEUS</b></p>	<p><b>"CARTA BÔNUS"</b></p>  <p><b>PARTÍCULA DE DEUS</b></p>	<p><b>"CARTA BÔNUS"</b></p>  <p><b>PARTÍCULA DE DEUS</b></p>	<p><b>"CARTA BÔNUS"</b></p>  <p><b>PARTÍCULA DE DEUS</b></p>
<p><b>"CARTA BÔNUS"</b></p>  <p><b>PARTÍCULA DE DEUS</b></p>	<p><b>"CARTA BÔNUS"</b></p>  <p><b>PARTÍCULA DE DEUS</b></p>	<p><b>"CARTA BÔNUS"</b></p>  <p><b>PARTÍCULA DE DEUS</b></p>	<p><b>"CARTA BÔNUS"</b></p>  <p><b>PARTÍCULA DE DEUS</b></p>

<p>“CARTA BÔNUS”</p>  <p>PARTÍCULA DE DEUS</p>	<p>“CARTA BÔNUS”</p>  <p>PARTÍCULA DE DEUS</p>	<p>“CARTA BÔNUS”</p>  <p>PARTÍCULA DE DEUS</p>	<p>“CARTA BÔNUS”</p>  <p>PARTÍCULA DE DEUS</p>
<p>“CARTA BÔNUS”</p>  <p>PARTÍCULA DE DEUS</p>	<p>“CARTA BÔNUS”</p>  <p>PARTÍCULA DE DEUS</p>	<p>A World Wide Web foi desenvolvido pelo físico Tim Berners-Lee...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>O maior acelerador de partículas está localizado em Campinas, São Paulo...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>
<p>A cor de um quark é uma de suas propriedades, assim como sua carga elétrica...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>As forças eletromagnética, nuclear forte, nuclear fraca e gravitacional são as forças fundamentais da natureza...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>As partículas alfa e beta são as que mediam as interações fundamentais da natureza...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>O gráviton e o bóson de Higgs foram as partículas mais recentemente detectadas no CERN...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>

<p>Os mésons são partículas elementares da classe dos hádrons, de spin inteiro e carga elétrica neutra, positiva ou negativa</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>A matéria escura é responsável pela formação dos buracos negros...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>O telescópio espacial LHC identificou muita energia escura na formação do Universo...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>As antipartículas são simétricas às partículas elementares da matéria, tendo a mesma massa que aquelas...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>
<p>os mistérios do Universo já foram desvendados pelos físicos de partículas no CERN...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>Os quarks possuem três cores: vermelho, azul e verde. Os antiquarks, antivermelho, antiazul e antiverde...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>Os tipos de quarks são: down, up, estranho, charmoso, bottom e top...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>Os prótons e nêutrons não têm uma estrutura interna, isto é, são elementares...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>
<p>O pósitron é a antipartícula do elétron...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>O CERN é um laboratório comandado pelos Estados Unidos da América, França e Suíça...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>Na busca dos elementos mais básicos da matéria, o pensamento humano começou com a proposta dos átomos...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>Os elétrons não têm estrutura interna, isto é, são partículas elementares...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>

Os hádrons mantêm a sua coesão interna devido à interação forte...	Os glúons são formados por três pares de quarks...	Os bárions são partículas formadas por três quarks, caracterizando-se como um férmion...	As partículas que estão sujeitas a interação forte são chamadas de léptons...
<b>Verdadeiro ou Falso?</b>	<b>Verdadeiro ou Falso?</b>	<b>Verdadeiro ou Falso?</b>	<b>Verdadeiro ou Falso?</b>
A interação eletromagnética age sobre todas as partículas que possuem carga elétrica...	As partículas que estão sob a ação da interação fraca são chamadas de hadrons...	Os fótons são responsáveis pela interação gravitacional...	A interação forte é um tipo de interação que faz com que os núcleons se mantenham unidos para formar os núcleos...
<b>Verdadeiro ou Falso?</b>	<b>Verdadeiro ou Falso?</b>	<b>Verdadeiro ou Falso?</b>	<b>Verdadeiro ou Falso?</b>
As partículas que constituem os léptons são os elétrons e os nêutrons...	O modelo padrão descreve a interação gravitacional...	As partículas que constituem os hádrons são os prótons, nêutrons e píons...	As colisões entre partículas ocorrem a proximadamente à velocidade da luz...
<b>Verdadeiro ou Falso?</b>	<b>Verdadeiro ou Falso?</b>	<b>Verdadeiro ou Falso?</b>	<b>Verdadeiro ou Falso?</b>

<b>Um átomo...</b> (A) é uma partícula elementar da matéria; (B) a menor porção de material que forma um ser vivo; (C) a menor parte da parte da matéria que caracteriza um elemento químico.	<b>O que constitui os átomos?</b> (A) prótons, elétrons e nêutrons; (B) léptons e quarks; (C) partículas positivas e negativas.	<b>Os prótons são...</b> (A) partículas elementares indivisíveis; (B) partículas formadas por quarks; (C) partículas elementares de carga positiva.	<b>Os elétrons são...</b> (A) partículas elementares divisíveis; (B) partículas formadas por quarks; (C) partículas elementares de carga negativa.
<b>Os nêutrons são...</b> (A) partículas elementares indivisíveis; (B) partículas formadas por quarks; (C) partículas elementares de carga nula.	<b>Qual o modelo atômico mais aceito atualmente?</b> (A) Bohr; (B) Rutherford; (C) quântico.	<b>Uma partícula elementar é...</b> (A) formada por um aglomerado de átomos; (B) a menor porção de matéria conhecida atualmente; (C) formada por quarks e glúons.	<b>Quantos quarks existem?</b> (A) 4; (B) 6; (C) 8.

<p><b>Quantos léptons existem?</b></p> <p>(A) 4; (B) 6; (C) 8.</p>	<p><b>O Modelo Padrão é o (a)...</b></p> <p>(A) conjunto de interações entre partículas; (B) teoria mais aceita para explicar a natureza da matéria; (C) modelo evolutivo para o átomo.</p>	<p>É a partícula responsável pela formação da massa das partículas elementares?</p> <p>(A) bóson de Higgs; (B) gráviton; (C) quarks up e down.</p>	<p><b>Os prótons são formados por três quarks...</b></p> <p>(A) dois up e um down; (B) dois down e um up; (C) três down.</p>	<p><b>O Modelo Padrão...</b></p> <p>(A) está totalmente completo; (B) está totalmente previsto; (C) está incompleto.</p>	<p><b>Foi o criador da WWW...</b></p> <p>(A) Tim Berners-Lee; (B) Albert Einstein; (C) Bohr-Rutherford.</p>	<p><b>A World Wide Web foi desenvolvido para...</b></p> <p>(A) criar redes sociais; (B) compartilhar informações de ciências; (C) entreter jovens ociosos.</p>	<p>É um protocolo de transferência de hipertexto...</p> <p>(A) HTML; (B) HTTP; (C) URL.</p>
<p><b>Os nêutrons são formados por três quarks...</b></p> <p>(A) dois up e um down; (B) dois down e um up; (C) três up.</p>	<p><b>Os hádrons são subdivididos em...</b></p> <p>(A) prótons e elétrons; (B) mésons e bárions; (C) prótons e nêutrons.</p>	<p><b>Um hádron é um composto de partículas subatômicas regido pela interação...</b></p> <p>(A) forte; (B) nuclear fraca; (C) nuclear forte.</p>	<p><b>Qual a partícula que media a interação nuclear forte?</b></p> <p>(A) prótons; (B) glúons; (C) fótons.</p>	<p><b>Uma das intenções dos físicos nos experimentos do LHC é...</b></p> <p>(A) criar buracos negros; (B) descobrir a temperatura do Sol; (C) recriar o famoso <i>Big Bang</i>.</p>	<p><b>O LHC é...</b></p> <p>(A) retilíneo e uniforme; (B) elíptico; (C) circular.</p>	<p><b>O LHC está localizado...</b></p> <p>(A) em pleno Oceano Atlântico para facilitar os experimentos; (B) a 100m abaixo do solo; (C) acima da atmosfera terrestre.</p>	<p><b>O ATLAS, o CMS, o ALICE e o LHCb são...</b></p> <p>(A) detectores de partículas; (B) aceleradores de partículas; (C) partículas elementares.</p>
<p>É um exemplo de detector de partículas...</p> <p>(A) ANA; (B) ALICE; (C) ANITTA.</p>	<p><b>Os produtos de colisões das partículas pesadas, são analisados pelos...</b></p> <p>(A) aceleradores; (B) geradores; (C) detectores.</p>	<p><b>Peter Higgs preveu...</b></p> <p>(A) os glúons de Higgs; (B) os mésons de Higgs; (C) os bósons de Higgs.</p>	<p><b>São responsáveis pela interação nuclear fraca...</b></p> <p>(A) os bósons Z e W; (B) os gluons; (C) os fótons.</p>	<p>É um físico brasileiro que contribuiu para detecção de partículas...</p> <p>(A) Sebastião Moura; (B) Berners-Lee; (C) César Lattes.</p>	<p><b>Segundo o Modelo padrão, as partículas são divididas em...</b></p> <p>(A) férmions e bósons; (B) hádrons e mésons; (C) bósons e mésons.</p>	<p><b>As partículas elementares podem ou não obedecer o princípio de exclusão de...</b></p> <p>(A) Higgs; (B) Pauli; (C) Quarks.</p>	<p><b>Um quark up possui carga...</b></p> <p>(A) +1/3; (B) +2/3; (C) -1/3.</p>

<p><b>Um quark down possui carga...</b></p> <p>(A) +1/3; (B) +2/3; (C) -1/3</p>	<p><b>A interação entre os quarks é feita pelos...</b></p> <p>(A) glúons; (B) fótons; (C) bósons.</p>	<p><b>São partículas que raramente interagem com a matéria, atravessam a Terra sem se chocar com outras...</b></p> <p>(A) quarks; (B) neutrinos; (C) glúons</p>	<p><b>No Modelo Padrão há...</b></p> <p>(A) 3 famílias; (B) 4 famílias; (C) 5 famílias.</p>
<p><b>Já foi identificado no CERN/LHC...</b></p> <p>(A) Miniburacos negros; (B) Bóson de Higgs; (C) Grávitons.</p>	<p><b>A antipartícula de um quark é...</b></p> <p>(A) um méson; (B) um bóson; (C) um antiquark.</p>	<p><b>Elétrons e neutrinos são classificados como...</b></p> <p>(A) quarks; (B) léptons; (C) bósons.</p>	<p><b>A colisão de uma partícula com sua antipartícula prova que elas...</b></p> <p>(A) possuem quarks; (B) se aniquilam; (C) formam bósons e mésons.</p>

